

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
УРАЛЬСКИЙ ЛЕСНОЙ ТЕХНОПАРК  
МИНИСТЕРСТВО ПРОМЫШЛЕННОСТИ И НАУКИ СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ  
МЕЖДУНАРОДНЫЙ СОЮЗ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ЛЕСНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ  
(IUFRO)  
МЕЖДУНАРОДНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК ЭКОЛОГИИ И БЕЗОПАСНОСТИ  
ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ  
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
АССОЦИАЦИЯ ОРГАНИЗАЦИЙ И ПРЕДПРИЯТИЙ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО  
МАШИНОСТРОЕНИЯ «ДРЕВМАШ»  
АССОЦИАЦИЯ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ  
УРАЛЬСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ СЕКЦИИ НАУК О ЛЕСЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ  
ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК  
УРАЛЬСКИЙ СОЮЗ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННИКОВ  
УРАЛЬСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПЕРЕРАБОТКИ  
ДРЕВЕСИНЫ  
АССОЦИАЦИЯ ДЕРЕВЯННОГО ДОМОСТРОЕНИЯ  
АССОЦИАЦИЯ УРАЛЬСКИХ МЕБЕЛЬЩИКОВ

## **ДЕРЕВООБРАБОТКА:**

**ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ, МЕНЕДЖМЕНТ XXI ВЕКА**

**ТРУДЫ  
VI МЕЖДУНАРОДНОГО  
ЕВРАЗИЙСКОГО СИМПОЗИУМА**

ЕКАТЕРИНБУРГ 2011

УДК 674  
ББК 37.13  
П99

Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века. Труды VI международного евразийского симпозиума / Под научной ред. М.В. Газеева – Екатеринбург, 2011. – 389 с.

ISBN 978-5-94984-355-0

П99 В книгу трудов включены доклады V международного евразийского симпозиума “Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века”, проходившего с 17 по 20 мая 2011 года в городе Екатеринбурге.

В трудах рассмотрены актуальные вопросы теории и практики организации деревообрабатывающего производства; эффективности использования инновационных и информационных технологий в фундаментальных научных и прикладных исследованиях, образовательных и коммуникативных системах и средах; технологии подготовки круглых лесоматериалов и их переработки с получением пиломатериалов и их биологической защиты; деревянного домостроения и отделки изделий из древесины лакокрасочными материалами; теории резания древесины, расчета режимов резания древесины на станках, совершенствования и проектирования принципиально нового технологического деревообрабатывающего оборудования и режущего инструмента, повышения их точности и надежности; экологии и безопасности и др.

УДК 674  
ББК 37.13

#### **Программный комитет:**

Азаренок В.А., Жарский И.М., Гороховский А.Г., Залесов С.В., Киреев Н.Д., Мехренцев А.В., Русак О.Н., Старжинский В.Н., Васильев А.Н., Черных А.Г., Плышевский М.В.

#### **Организационный комитет:**

Залесов С.В., проректор по научной работе, председатель, Тракало Ю.И., декан ФМТД, зам. председателя, Газеев М.В., зам. декана ФМТД, зам. председателя, Новоселов В.Г., отв. секретарь, Бирюков П.А., Герц Э.Ф., Копнов В.А., Гороховский А.Г., Часовских В.П., Черемных Н.Н., Чернышев О.Н., Вураско А.В., Юрьев Ю.Л.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Уральского государственного лесотехнического университета.

Ответственный за выпуск сборника Новоселов В.Г.  
Компьютерная верстка Щепочкина С.В.  
Дизайн обложки Газеева М.В.

ISBN 978-5-94984-355-0

© ФГБОУ ВПО «Уральский государственный  
лесотехнический университет», 2011

**К участникам симпозиума и выставочного форума**

Я рад приветствовать Вас на таком масштабном и важном мероприятии. За четыре дня работы форума пройдет множество круглых столов, семинаров, презентаций, которые позволят специалистам отрасли обсудить насущные вопросы, наладить пути взаимодействия, продемонстрировать новинки оборудования и материалов. Эти мероприятия позволяют каждому участнику получить представление о современном рынке деревообработки, ознакомиться с лучшими достижениями отрасли. Я уверен, что выставочный форум – это тот масштаб, который позволит максимально глубоко и досконально изучить современный рынок мебели, деревообрабатывающего оборудования и технологий.

«Лесной кластер Урала» собирает на своей выставочной площадке сильнейшие предприятия, тем самым давая серьезный толчок развитию отрасли, переходу ее на новые этапы развития. Сотрудничество, обмен опытом, кооперация – важнейшие способы взаимодействия компаний, которые помогают развитию рынка, переходу его на новые рельсы.

Я желаю участникам, гостям выставки и ее деловой программы успешной работы, новых контактов, надежных партнеров.

Ректор Уральского государственного лесотехнического университета,  
профессор В.А. Азаренок

## **Проблемы менеджмента и конкурентоспособности предприятий лесного комплекса**

**Азаренок В.А., Добрачев А.А., Мехренцев А.В.**

*(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)*

### **УРАЛЬСКИЙ ЛЕСНОЙ ТЕХНОПАРК – ПОРА РАЗВИТИЯ THE URAL FOREST TECHNOPARK. IT IS TIME TO DEVELOP**

*Developing the Ural Forest Technopark on the base of the Ural state forest university is considered in the paper. Special attention is paid to small-sized innovative enterprises, current projects realization and future development of the Ural Forest Technopark.*

В конце 2010 года по поручению Президента РФ Дмитрия Медведева, в регионах Российской Федерации проведена своеобразная перепись технопарков. В связи с жесткими условиями предоставления отчетности стало ясно, что реально действующих технопарков в стране на порядок меньше, чем об этом сообщалось чиновниками региональных министерств и ведомств. В частности, в Свердловской области зарегистрированы и реально развиваются 11 «промышленных технопарков», или технопарков на базе свободных площадей промышленных предприятий, которые, осваивая современные технологии, остаются, тем не менее, малыми производствами, минимально связанными с процессом инноваций. Технопарков, созданных при университетах в области всего два: при Уральском государственном лесотехническом университете (УГЛТУ) и при Уральском государственном горном университете (УГГУ).

В России, пока все еще готовится законодательство об инновационной деятельности, отдельные технопарки в сфере высоких технологий и коммуникаций, созданные постановлениями Правительства РФ, только начинают строительство собственной инфраструктуры практически на голом месте. В отсутствие в России Закона об инновациях и инновационной деятельности само понятие «инновации» трактуется и федеральными, и региональными властными структурами неоднозначно.

Становление технопарка при университете, организация или привлечение в него малых предприятий при слабости нормативно – правовой базы и финансовой поддержки, задача не простая. Создать инновационную структуру технопарка, отвечающую минимальным требованиям по объемам финансирования и количеству специализированных площадей университет не в состоянии ни материально, ни по существующему законодательству. В сложившихся экономических обстоятельствах не может помочь и лесной комплекс региона. В этой ситуации нас поддержало Министерство промышленности и науки Свердловской области, выделив научно-технологическому центру трансферт-технологий технопарка в 2008 году грант на внедрение технологий сортиментной заготовки леса на базе новой для отрасли техники – харвестеров и форварде-



ров. Внедренные в передовых предприятиях, эти технологии обеспечили им экономическую стабильность, а технопарку стартовые возможности создания первого инновационного образования.

Дальнейшее развитие на этом этапе пришлось ограничить созданием предприятий, требующих минимальных вложений вуза: центра подготовки операторов лесных машин, учебно-консультационного центра, центра испытаний и сертификации лесной продукции.

Таким образом, получили развитие первенцы технопарка, но их «привязка» к технопарку была номинальной. Потому что сам технопарк на этом этапе развития не мог быть оформлен, как юридическое лицо – ОАО или ЗАО, ибо «прокормить» это образование – технопарк - слабые финансово резиденты не могли.

Исполнительная дирекция технопарка настойчиво искала финансовую поддержку. Научные разработки ученых УГЛТУ, готовые к внедрению в производство, демонстрировались на международном Евро-Азиатском лесном форуме и выставке «Лесдревмаш» 2008 и 2010 годов в г. Москве, проведена презентация работ технопарка на международной выставке «ИННОПРОМ-2010», в рамках четырех Международных Евразийских симпозиумов (Екатеринбург), а также на XV межрегиональной специализированной выставке «Мебель для дома и офиса. Лес и деревообработка» (г. Уфа), научно-практической конференции «Уральская деревня» и других форумах.

С введением Федерального Закона РФ от 08.02.2008 г. №217-ФЗ о создании на базе вузов и научных институтов малых инновационных предприятий (МИП) ситуация с организацией таких предприятий в рамках технопарка сдвинулась с «мертвой точки». Закон имел множество недоработок, которые медленно исправляются в течение уже двух лет. Несмотря на эти временные проблемы, в УГЛТУ продолжали последовательный курс на становление и развитие технопарка.

Первое МИП-предприятие – ООО «БИНОМ» - было создано с целью реализации инновационных разработок в сфере нанотехнологий. Новые реагенты для очистки питьевых вод и техногенных загрязнений, разработанное оборудование очистки, получили высокую оценку специалистов. Такой технологии в мировой практике нет. ООО «БИНОМ» стал первым в РФ МИП, зарегистрированным в «Роспатенте» и Минобрнауки в соответствии со всеми требованиями закона № 217-ФЗ.

Одновременно было зарегистрировано второе малое инновационное предприятие - НТЦ ООО «ИНЛЕСТЕХ», которое совместно с ОАО «Амкодор» (Республика Беларусь) и ООО «Велмаш-С» (Россия), вело разработку универсального манипуляторного погрузчика для лесного комплекса. Идея создания машины, которая заменит почти 20 видов и типов устаревших морально машин в лесном комплексе, разрабатывалась в вузе давно. Такая машина и технология лесозаготовки на ее базе, должна в кратчайшее время вывести малые и средние предприятия лесной промышленности из тяжелого финансового тупика. К сожалению, работа над проектом в ОАО «Амкодор» затянулась на целый год, и мы обратились к фирме «Pfanzelt Maschinenbau» (Германия), в которой изготовили первые промышленные образцы погрузчика. В настоящее время в Правительстве Свердловской области проходят переговоры с руководством германской фир-

мы об организации сборочного производства таких машин у нас в области. Проект ООО «ИНЛЕСТЕХ» получил высокую оценку на совещании главных конструкторов предприятий ВПК Свердловской области и у председателя комитета по промышленности Областной Думы В. Машкова.

Следующее МИП-предприятие - ООО «Тензоскоп» - подготовило в серийное производство прибор, регистрирующий целый спектр показателей нагрузок и температур на работающих узлах и деталях машин. Потребность в приборе в нашей области среди машиностроительных предприятий есть, но недостаточными пока остаются усилия технопарка по его рекламе, поэтому реализация проекта продвигается медленно.

Идет документальное оформление в «Роспатенте» МИП ООО «Лесные инновации», которое в 2010 году начало свою деятельность по созданию малых архитектурных форм, строительству сборных садовых домиков, бань, интерьеров из древесины.

В этом же году в состав технопарка вошло малое предприятие ООО «Леспроект», ведущее подготовку лесных планов лесопромышленных предприятий, работы, которые лесопромышленникам самим освоить не по средствам. Другое ООО, «Уралстройиндустрия», интенсивно сотрудничает с муниципальными образованиями Свердловской области по внедрению биоэнергетики, организации производства топлива из древесных отходов, разработке теплогенераторов на древесных отходах и переводу котельных на биотопливо. Это одно из самых приоритетных направлений развития энергетики рассматривается нами, как самое перспективное, мы сделали в этом направлении уже много наработок, ждем предложений от Министерства энергетики и ЖКХ Свердловской области.

Оформив на базе собственных патентов четыре предприятия, мы подготовили заявки на участие в грантах Фонда Бортника. Первая наша попытка оказалась не удачной, хотя мы и заняли высокие места в рейтинге проектов. В 2011 году два МИП – ООО «БИНОМ» и ООО «ИНЛЕСТЕХ» снова подали заявки на участие в конкурсе «СТАРТ-2011» Фонда Бортника. Причем ООО «БИНОМ», внедрив разработки по очистке воды, приступил к новой, не менее привлекательной для бизнеса разработке реагентов для производства гидрофобных цементов. К сожалению, и вторая попытка выйти на бюджетное финансирование оказалась неудачной.

Наши попытки получить стартовый капитал на любую из новых эффективных разработок пока безуспешны. По стойкому мнению директоров многих малых предприятий, бюджетные фонды «поглощаются» самими распределителями этих фондов, которых в российских управленческих структурах не сосчитать.

Необходимо отметить, что в 2010 году в рамках МИП технопарка были профинансированы и выполнены внедренческие разработки коллективов кафедр университета. Работа, выполненная под руководством профессора В. В. Глухих – производство ДСП на основе связующего карданола в ООО «Первая лесопромышленная компания» – получила высокую оценку специалистов Минпромнауки и Уральского Союза лесопромышленников. Перспективна разработка коллектива профессора В. П. Сивакова по производству новых видов гигиенической бумаги на основе отходов производства.

Концепция создания и развития Уральского лесного технопарка с начала его образования базировалась на наличии в составе университета обособленного структурного подразделения - Уральского учебно-опытного лесхоза (УУОЛ) «Северка» - располагающего производственной базой и лесным потенциалом на площади в 30 тыс. га. Именно здесь, при минимальном бюджетном финансировании, Свердловская область может оформить базовый отраслевой технопарк эффективной инновационной деятельности в лесном комплексе. В феврале 2011 года в УУОЛ прошло совещание межведомственной группы под председательством зам. главы правительства Свердловской области, министра промышленности и науки А. Ю. Петрова, на котором были намечены планы развития УУОЛ, как научно-учебно-производственной базы университета и лесного технопарка.

Планом развития технопарка на 2011 - 2012 годы предусматривается организация двух малых инновационных предприятий на основе сформированного портфеля научных разработок, защищенных патентами УГЛТУ. А всего к внедрению в научных коллективах подготовлены более десяти проектов, ждущих стартового финансирования. Вот основные из них:

1. Производство микрокапсулированных гидрофобных цемента для промышленного, гражданского и дорожного строительства.
2. Производство автоматизированных газопиролизных теплоагрегатов на топливных древесных концентратах с КПД не менее 92% и промышленный выпуск топливных концентратов.
3. Производство огнезащитных материалов для деревянных и металлических несущих конструкций. Оригинальное решение защиты конструкций вспучивающимися от температуры составами в 3-4 раза увеличивает их огнестойкость.
4. Производство новых конструкционных материалов для домостроения из отходов древесины с заданными теплофизическими свойствами.
5. Освоение промышленного производства радиационно-защитных материалов и плит на основе отходов древесины.
6. Организация регионального центра рекреационного экологического туризма и подготовки инструкторов – спасателей. Подготовка инструкторов противопожарной защиты на этой базе.
7. Создание системы слежения за перемещениями лесопроductии от леса до потребителя с целью предотвращения самовольных порубок леса.
8. Производство комплекса для предупреждения болезней позвоночника и восстановления функциональных систем человеческого организма.

Все инновационные проекты, предлагаемые к реализации через создаваемые малые предприятия Уральского лесного технопарка, входят в категорию приоритетных направлений научно-исследовательских и внедренческих работ Свердловской области, а часть из них являются критическими технологиями для экономики РФ.

Признание технопарка в коллективе университета, среди промышленников и в областных административно-управленческих структурах пришло. Надеемся на то, что это признание выразится в финансовом благополучии технопарка уже в этом году.

**Бирюков П.А., Кузьмина М.В.**  
(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ) [colk@usfeu.ru](mailto:colk@usfeu.ru)

**УЧЕТ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ ПРЕДПОЧТЕНИЙ ПРИ  
ФОРМИРОВАНИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ МАЛОГО  
ЛЕСНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

**CONSUMER PREFERENCES AND THE DEVELOPING PRODUCTION  
PROGRAM FOR A SMALL-SIZED FOREST-BASED ENTERPRISE**

*Importance of taking consumer preferences into account while developing production program for a small-sized forest-based enterprise in terms of market economy is shown in the paper.*

Ход рыночных преобразований в лесопромышленном комплексе региона постепенно смещает лесозаготовительное производство в сферу малого предпринимательства. Данная тенденция влечет за собой наращивание объемов лесопользования в южной зоне лесов Свердловской области.

Дело в том, что малый лесной бизнес очень активно заявляет о себе в наиболее обжитых территориях региона, для которых характерно наличие крупных промышленных узлов, развитость сети транспортных коммуникаций и высокая плотность населения.

В настоящее время в каждом административном районе функционируют десятки малых лесных предприятий, а в целом по Свердловской области их число приблизилось к тысяче.

Изучение сущности происходящих в лесном бизнесе процессов актуально для выработки научных рекомендаций, которые должны способствовать становлению малого предпринимательства и достижению им оптимальных результатов в хозяйствовании. Даже выборочный анализ работы малых предприятий дает объективное представление об особенностях менеджмента в лесном бизнесе.

В ходе исследования нами собрана и обработана информация о 14 малых предприятиях, базирующихся в радиусе до 120 км от г.Екатеринбурга и ориентированных на заготовку древесины в арендованных (иногда на условиях субаренды) лесных участках и/или выполняющих объемы санитарных рубок с целью обеспечения сырьем широкого спектра своих деревообрабатывающих производств. Численность промышленно-производственного персонала на предприятии варьирует от 24 до 70 человек.

Обследование показало, что на малых предприятиях отсутствуют элементы текущего планирования. В лучшем случае составлены месячные задания исполнителям по ограниченному кругу показателей. Большинство руководителей малых предприятий (как правило, являющихся собственниками) никаких плановых расчетов не практикует и, соответственно, документально не оформляет, а действует по наитию, исходя из жизненного и профессионального опыта.

Но ориентация в управлении предприятием только на интуитивные методы, как свидетельствует практика функционирования предприятий, чревата негативными последствиями вплоть до банкротства.

Разумное привнесение плановых начал в практику хозяйствования предопределяет обоснованность и оптимальность принимаемых к реализации управленческих решений и, соответственно, получение коммерческих выгод.

По нашему мнению, на данном этапе развития малого лесного предпринимательства проблемой №1 является обоснование производственной программы хотя бы на календарный месяц. При ее формировании полезно учесть те предпочтения, которые предъявляют потребители лесопроductии.

В процессе обработки информации о реализации продукции за период 2008-2010гг. выявлена сфера участия малого бизнеса на лесном товарном рынке, структура производства и способы отгрузки продукции (таблица 1.).

Безусловно одно – малое лесное предпринимательство нацелено только на «местное насыщение» в радиусе до 100 км от места дислокации его субъектов.

Таблица 1 – Зона потребления лесопроductии малых предприятий (2008-2010гг.)\*

Виды лесопроductии	Удельный вес продукции, поставляемой потребителям при их удаленности, %				Итого, %
	до 30 км	31-60 км	61-100 км	свыше 100 км	
Круглые лесоматериалы и дрова	72	16	8	4	100
Пиломатериалы	68	24	6	2	100
Изделия деревообработки (столярные изделия, погонаж, шпунтовая доска и т.д.)	82	11	7	-	100

\*данные получены обработкой информации 14 малых лесных предприятий Свердловской области.

Как правило, продукция реализуется на условиях «самовывоза», причем нередко, потребитель нанимает автотранспорт с помощью продавца. Практически, весь хвойный пиловочник малое предприятие перерабатывает на пилопродукцию. Реализации подлежат круглые лиственные и тонкомерные бревна и дрова.

Если рассмотреть структуру производства и реализации продукции в физическом выражении, то доля круглых лесоматериалов и дров составляет в среднем по группе предприятий - 48%, доля пиломатериалов – 49% (причем, больше половины из них (55%) - необрезные), доля изделий деревообработки – 3%.

Такая структура не соответствует производственному и техническому потенциалу предприятий, так как на многих из них имеется высокопроизводительное современное оборудование для деревообработки. При таком ассортименте выпуска это оборудование не может быть оптимально загружено и, соответственно, не могут окупиться инвестиции в него. Дело в том, что большинство потребителей тоже имеют в своем хозяйстве станочное оборудование для переработки пиломатериалов в изделия нужного назначения и качества.

К услугам предпринимателей прибегают как бюджетные организации, так и представители разных отраслевых направлений малого бизнеса. Крупные фирмы в чис-

ле потребителей лесопродукции единичны, поэтому подавляющее количество разовых поставок имеет объем от 1 до 8 м<sup>3</sup> пиломатериалов (изделий из древесины).

Представители малого лесного бизнеса для организации работы в плановом русле должны различными способами (должное качество продукции; взаимоприемлемые цены; гарантированные, с позиции сроков, поставки продукции; доверительные партнерские отношения; разумные отсрочки по оплате и т.д.) привлекать клиентов и стабилизировать хозяйственные связи. При решении этой проблемы, с учетом потребительских предпочтений и на основе анализа данных о реализации продукции в предыдущем периоде, с достаточной тонкостью можно запланировать производственную программу предприятия. Когда она известна, оперативно традиционными методами можно выполнить расчеты потребности во всех видах ресурсов и задать экономические результаты хозяйствования.

**Бирюков П.А.** (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

**Сысоева С.А.** (Министерство общего и профессионального образования Свердловской области, г. Екатеринбург, РФ)

## **ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА КАК УСЛОВИЕ ОРГАНИЗАЦИИ МАЛОГО ЛЕСНОГО ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА** *TECHNOLOGICAL PERFORMANCE AS A REQUIREMENT FOR DEVELOPING SMALL-SIZED FOREST-BASED BUSINESSES*

*Influence of technological complexity of industrial processes on developing small-sized forest-based businesses is considered in this article.*

В последние годы в стране очевиден разносторонний повышенный интерес к развитию малого бизнеса. Органы государственной власти с расширением малого бизнеса связывают подъем экономики и ее инновационное развитие; представители общест-венности – развитие среднего класса.

Решая проблему эффективной организации малого бизнеса в лесопромышленном комплексе, в первую очередь, необходимо выявить те производства, в которых малое предпринимательство вероятно и экономически целесообразно. Очевидно, что наиболее простые в технологическом отношении производства лесного комплекса (лесозаготовки, лесопиление) не нуждаются в особом изучении с позиции организации малых предприятий. Но при постепенном «усложнении» производства и приближении его с позиций технологической сущности к «глубокой» переработке древесного сырья возникает множество вопросов, связанных с организацией малого лесного бизнеса.

Для детального изучения влияния степени технологичности на возможность эффективной организации малых предприятий авторами предложена классификация производств лесного комплекса по степени воздействия на предмет труда. В соответствии с данной классификацией все производства лесного комплекса распределены на девять групп по техноэкономическому облику [3,4]. Первому уровню соответствуют наиболее

простые производства (лесозаготовки, подсочка леса), девятому – самые сложные (производства канифоли, скипидара, камфары, целлюлозы, бумаги). Предложенная в классификации группировка лесопромышленных производств позволяет проанализировать их с позиций эффективной организации малого предпринимательства.

Основным нормативным актом, регламентирующим малый бизнес, является Федеральный закон № 209-ФЗ «О поддержке малого и среднего предпринимательства в Российской Федерации» от 24.07.2007 г., в котором определены такие критерии отнесения юридических лиц к субъектам малого и среднего предпринимательства, как предельное значение средней численности работников (100 чел.), суммарная доля участия государства, иностранных инвесторов, иных юридических лиц (25% в уставном капитале); выручка от реализации товаров (работ, услуг) без учета налога на добавленную стоимость или балансовая стоимость активов (400 млн. руб.) [1, 2].

С целью выявления оптимальных условий организации малых предприятий, установления безубыточного объема производства, соблюдения лимита численности промышленно-производственного персонала применен метод проектных макетов. Данный метод представляет собой систему расчетов, устанавливающих основные технические и экономические характеристики предприятий с заданными параметрами в строго определенных условиях работ, по единой системе проектных нормативов. Авторами последовательно рассмотрены производства лесного комплекса в соответствии с предложенной классификацией. В рамках каждой группы макетов определены условия, при которых малое предпринимательство эффективно при соблюдении законодательно установленных ограничений.

Результаты расчетов по критерию «численность» в разрезе уровней техноэкономических обликов представлены на рисунках 1, 2, на которых заштрихованный сектор показывает зону, в которой малое предпринимательство неэффективно, а не заштрихованная часть составляет именно ту нишу, в которой организация малого бизнеса не только эффективна, но и отвечает требованиям законодательства.

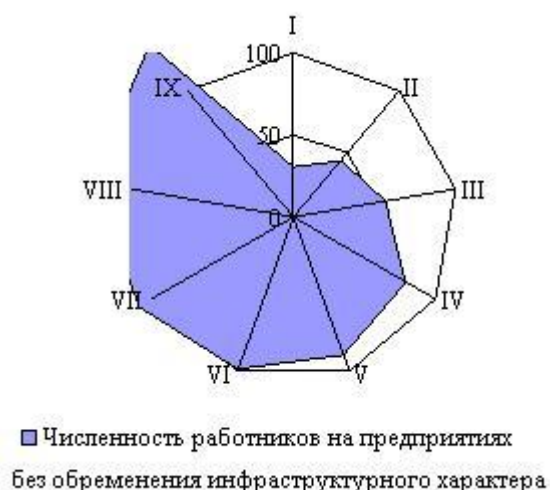


Рисунок 1

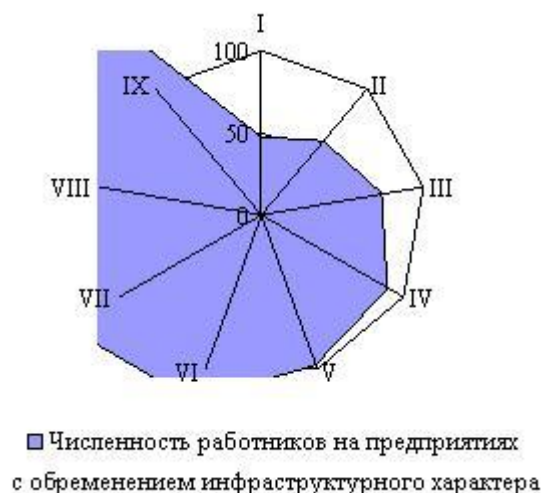


Рисунок 2

По результатам проведенных расчетов сделаны следующие выводы:

1. Для производств I и II уровней техноэкономического облика отсутствуют какие-либо существенные препоны для организации малых предприятий в обжитых зонах

Уральского региона. Эффективность малого предпринимательства в таких производствах очень высока, даже с учетом обременений инфраструктурного характера. В основном эффективность данных производств обусловлена такими факторами, как удаленность от центров потребления, спрос на продукцию, характеристики сырья.

2. Для производств III – IV уровней техноэкономического облика наличие собственных объектов инфраструктуры существенно влияет на возможность отнесения предприятий к малым. Для обеспечения сложных технологических процессов требуется большее число основных рабочих; в таких производствах численность вспомогательного персонала является определяющим показателем при отнесении предприятия к группе малых. Организация малых предприятий, отнесенных к группе III - IV по техноэкономическому облику, при аренде производственных площадей и без обременения инфраструктурой позволяет удерживать численность работников в пределах, установленных законодательством, и дает выигрыш времени при развертывании бизнеса.

3. Для производств, включенных в группу V уровня, вероятность эффективной организации малого предпринимательства минимальна, а в ряде случаев – невозможна. При организации указанных производств важнейшую роль играет не наличие или отсутствие собственной инфраструктуры, а состав производственного цикла по количеству включенных в технологический процесс операций. Например, организация малого предпринимательства при производстве бумаги возможна при условии использования покупного сырья (целлюлозы).

4. Несмотря на то, что лесопромышленные производства не могут быть, по мнению экспертов ОСЭР, отнесены к наукоемким и высокотехнологичным, тем не менее они, при грамотном рациональном подходе восприимчивы к техническим новшествам и нуждаются в продуманной технической политике.

### Библиографический список

1. Федеральный закон № 209-ФЗ «О поддержке малого и среднего предпринимательства в Российской Федерации» от 24.07.2007 г.
2. Постановление Правительства РФ № 556 от 22.07.2008 г. «О предельных значениях выручки от реализации товаров (работ, услуг) для каждой категории субъектов малого и среднего предпринимательства».
3. Варшавский А.Е. Наукоемкие отрасли и высокие технологии: определение, показатели, техническая политика, удельный вес в структуре экономики России [Текст] / А. Е. Варшавский // Экономическая наука современной России. М., 2000. № 2. С.61-83.
4. Бирюков П.А., Сысоева С.А. Наукоемкость лесопромышленных производств – виртуальная или реальная трактовка термина? [Текст] / Бирюков П.А., Сысоева С.А. // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века. Труды II Евразийского международного симпозиума / Под научной редакцией В.Г.Новоселова – Екатеринбург, 2007. С.10-15.



**Бирюков П.А.** (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

**Чудинов А.Е.** (ОАО «Пиломатериалы «Красный Октябрь» г. Пермь, РФ)

**СУЩНОСТЬ И ПОДХОДЫ К РЕШЕНИЮ ПРОБЛЕМЫ  
КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЫРЬЯ  
В РЫНОЧНЫХ УСЛОВИЯХ**

**RAW MATERIALS SAVING APPROACHES AND MARKET ECONOMY**

*Measures to tackle crisis in forest-based industries are considered in this article.*

В настоящее время российский лесопромышленный комплекс переживает глубокий кризис, приостановивший его поступательное эффективное развитие. Ситуация в лесопромышленном комплексе нашей страны в последнее время активно обсуждается на всех уровнях. Предложения по преодолению негативных тенденций развития отрасли активно рассматриваются представителями деловых кругов, а также законодательной и исполнительной властью на региональном и федеральном уровнях.

Особо отмечаем, что последние 10 лет государство предпринимает попытки для преодоления кризисных явлений в лесном бизнесе. В системе мер стратегического развития лесопромышленного комплекса РФ на период до 2020 года главный упор сделан на повышение инвестиционной привлекательности, диверсификацию лесопромышленного производства, увеличение доли лесопродукции «высоких технологических переделов» и со значительной добавленной стоимостью (фанера, плиты, целлюлоза, бумага и картон).

Специфика развития отрасли в настоящее время (по сравнению с советским периодом) состоит в том, что решать проблемы повышения эффективности лесопромышленного производства необходимо самим собственникам предприятий, а не государству (как в прежние времена). В настоящее время большинство лесопромышленных предприятий находится в сложном финансовом положении. Поэтому, исходя из корпоративных интересов, в первую очередь предприятия решают тактические задачи по выживаемости в рыночной среде.

Существенно изменились в настоящее время приоритеты в деятельности лесопромышленных предприятий. Так в бывшем СССР функционирование и развитие лесной промышленности в рамках централизованной директивно-плановой экономики регулировалось всецело государством. В числе других проблем жесткой регламентации подвергалась работа по эффективному применению ресурсов древесины, так как проблема использования сырья в СССР считалась одной из первоочередных (наряду с выполнением производственных заданий по выпуску продукции и внедрением новой техники). В настоящее время данная задача стала второстепенной и является по существу внутренним делом собственников предприятий.

Изучение специальной литературы (В.И. Бызов [2], С.К. Горошко [3], Т.С. Лобовиков [4], Г.М. Михайлов [5], А.П. Петров [6]) убеждает в том, что эффективность использования древесного сырья оказывает значительное влияние на экономические показатели работы предприятия. Обусловлено это тем, что большинство лесообрабаты-

вающих отраслей являются материалоемкими (производство пиломатериалов, шпал, фанеры и др.). В затратах на производство данных видов продукции большой удельный вес составляет стоимость древесного сырья (достигает 60÷70%). Решение проблемы комплексного использования древесного сырья снизить себестоимость продукции и соответственно увеличить размер получаемой прибыли. Данная проблема по нашему мнению является актуальной, она заслуживает изучения с учетом реалий хозяйствования в рыночных условиях. Обзор взглядов лесозащитников на проблему комплексного использования древесного сырья убеждает в том, что при изучении данного вопроса необходимы иные подходы к достижению оптимального его использования.

Специфика времени должна находить свое отражение в системе показателей, характеризующих уровень использования древесного сырья. Так в специальной литературе (датированной 1980-90 гг.) в основном предложены стоимостные показатели, характеризующие уровень использования древесного сырья (товарная продукция с 1 м<sup>3</sup> древесного сырья; съем прибыли с 1 м<sup>3</sup> сырья и другие). Однако эти показатели в настоящее время не в полной мере отражают существующие реалии. Обусловлено это тем, что в плановой экономике СССР любой вид лесопроизводства имел неограниченный спрос в стране; использование указанных показателей было оправдано. В рыночных же условиях рынок лесопроизводства отличается сложной иерархической структурой и формируется под воздействием разнообразных по силе и продолжительности действия экономических, социальных, природных и политических факторов. Он динамично развивается и подчиняется в своем развитии закону спроса и предложения. Поэтому в настоящее время такой подход не приемлем. Ориентация на выпуск большого ассортимента продукции не является лучшим решением данной проблемы, так как отдельные виды продукции предприятия могут быть невостребованы на рынке, нанося ущерб корпоративным интересам. Из этого довода следует, что прежняя постановка проблемы не соответствует реалиям рыночной экономики и должна быть пересмотрена.

На наш взгляд подход к оценке комплексного использования древесного сырья руководством и собственниками предприятий в существующих условиях должен быть принципиально иным. Новый подход к оценке использования древесного сырья должен быть дифференцирован. Авторы разделяют мнение, что не может быть единого рецепта для улучшения использования древесного сырья, который бы обеспечивал высокую эффективность любого предприятия. Слишком уж не схожи друг с другом предприятия лесопромышленного комплекса в силу специфических признаков, хотя их объединяет однородность используемого сырья.

Авторы считают, что при решении данной проблемы необходимо классифицировать предприятия лесопромышленного комплекса в соответствии с реальной обстановкой в зоне действия каждого по ряду наиболее типичных признаков, оказывающих влияние на использование древесного сырья. Такая классификация разработана и представлена в таблице 1.

В соответствии с данной классификацией предприятия лесопромышленного комплекса с целью оценки их потенциала разделены на 5 групп (таблица 2). В правой графе оценка потенциала предприятия приведена по традиционному показателю - коэффициенту использования древесного сырья.

Таблица 1 – Классификация предприятий лесопромышленного комплекса для оценки их потенциала по использованию древесного сырья

Классификационные признаки	Факторы, оказывающие влияние на использование древесного сырья	Оценка влияния фактора на потенциал, баллы
1	2	3
1. Географическое расположение предприятия	Предприятие расположено в районах потребления продукции.	5
	Предприятие равноудалено от сырьевой базы и районов потребления продукции.	3
	Предприятие расположено в многолесном регионе.	1
2. Уровень промышленного развития в зоне размещения предприятия	В регионе расположены предприятия с производствами по переработке древесных отходов, отлажены кооперированные связи между предприятиями.	5
	В регионе расположены предприятия с производствами по переработке древесных отходов, кооперированных связей между предприятиями нет.	3
	В регионе отсутствуют предприятия с производствами по переработке древесных отходов.	1
3. Примыкание к путям общего пользования	Предприятия примыкают к автотранспортным и железнодорожным артериям, имеют причальные сооружения.	5
	Предприятия примыкают к автотранспортным и железнодорожным артериям.	4
	Предприятия примыкают к автотранспортным артериям и имеют причальные сооружения.	3
	Предприятия примыкают к автотранспортным артериям.	2
	Предприятия примыкают к железнодорожным артериям и имеют причальные сооружения.	1
4. Уровень концентрации и комбинирования производства	Предприятия с высоким уровнем концентрации и комбинирования производства.	5
	Предприятия со средним уровнем концентрации и комбинирования производства.	3
	Предприятия с низким уровнем концентрации и комбинирования производства.	1
5. «Качество» менеджмента и соответствующая ему система корпоративных ценностей	Предприятие является составным звеном фирм и компаний с участием зарубежного капитала. Менеджмент на предприятии организован с учетом зарубежного опыта.	5
	Предприятие – представитель отечественного лесного бизнеса. Менеджмент предприятия базируется в основном на имеющемся отечественном опыте управления, исходя из сложившейся в стране практики хозяйствования.	3
	Предприятие является собственностью предпринимателей (новой волны), не имеющих должного опыта работы в отрасли и действующих методом проб и ошибок, исходя только из корпоративных интересов.	1

Продолжение табл. 1

1	2	3
6. Техноэкономический облик предприятия <sup>1</sup>	Уровень техноэкономического облика 5 (производство ДСП, ДВП, МДФ); уровень техноэкономического облика 6 (производство целлюлозы); уровень техноэкономического облика 7 (производство бумаги и картона).	5
	Уровень техноэкономического облика 2 (производство пиломатериалов, шпал, комплектов ящичной тары, технологической щепы); уровень техноэкономического облика 3 (производство столярных изделий, мебели, лыж); уровень техноэкономического облика 4 (производство фанеры, древесных пластиков, клееного бруса, мебельного щита).	3
	Уровень техноэкономического облика 1 (лесозаготовки, подсорка леса); уровень техноэкономического облика 8 <sup>2</sup> (производство древесного угля, уксусной кислоты, эмалей, размягчителей, растворителей); уровень техноэкономического облика 9 <sup>2</sup> (производство канифоли, скипидара, лаков).	1

Примечание:

1 – оценка техноэкономического облика произведена в соответствии с положениями, предложенными А. Е. Варшавским, по материалам [1];

2 – хотя у этих производств высокий техноэкономический облик, они имеют специфические отходы в незначительных объемах.

Таблица 2 – Потенциал предприятий в части использования древесного сырья

№ п.п.	Потенциал комплексного использования древесного сырья	Количество баллов	Коэффициент использования древесного сырья, %
1	Низкий потенциал	6÷10	55÷60
2	Потенциал ниже среднего	11÷15	61÷71
3	Средний потенциал	16÷20	72÷83
4	Потенциал выше среднего	21÷25	84÷94
5	Высокий потенциал	26÷30	95÷102*

\*с учетом утилизации коры деревьев

По нашему мнению практическая значимость предложенной классификации предприятий состоит в следующем. Она позволяет руководителю каждого предприятия, зная, как фактически используется древесное сырье (с учетом воздействия всех факторов в зоне размещения предприятия на показатели его работы), объективно оценить положение дел и на основе всестороннего анализа, выявить резервы повышения эффективности производства в ближайшей перспективе.

#### Библиографический список

1. Бирюков П.А. Наукоемкость лесопромышленных производств – виртуальная или реальная трактовка термина? / П.А. Бирюков, С.А. Сысоева // Материалы II между-

нар. евразийского симпозиума. Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века. 2-5 октября 2007. – Екатеринбург: УГЛТУ. – С. 10-15.

2. Бызов В. И. Характеристика прибыльности промышленного использования древесных отходов [Текст] / В.И. Бызов // Деревообраб. пром-сть. – 2005. – № 1. – С. 11-14.

3. Горошко С.К. Экономика безотходных технологий лесного комплекса. – М.: Лесн. пром-сть, 1990. – 184 с.

4. Лобовиков Т.С., Петров А.П. Экономика комплексного использования древесины. – М.: Лесн. пром-сть, 1976. – 168 с.

5. Михайлов Г.М. Проблемы рационального использования вторичных древесных ресурсов // Лесной экономический вестник. – НИПИЭИлес-пром, 2004. – № 4. – С. 31-35.

6. Петров А.П. Организация комплексного использования лесных ресурсов. – М.: Лесн. пром-сть, 1978. – 184 с.

**Добрачев А.А. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)**

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ**

### **DEVELOPING LOCAL COMMUNITY ENERGY SYSTEM**

*The analysis of heat energy consumption in Sverdlovsk region is presented in this article. Substitution of non-renewables with renewables has been discussed. Local wood fuel capacity data are given. Types of generators to implement are recommended.*

В условиях постоянного роста тарифов на энергоносители особенно актуальной становится проблема энергосбережения в коммунальной сфере и в производственно-хозяйственной деятельности предприятий. Доля энергетических затрат в структуре себестоимости продукции предприятия, потребляющего покупную дорогостоящую тепловую энергию, достигает 30%, что говорит о высокой энергоемкости производства. В этой связи энергетическое использование древесных отходов предприятий лесной и деревообрабатывающей промышленности в лесодостаточных регионах РФ является одним из важных направлений снижения стоимости тепла и повышения эффективности производства. В результате работы лесного комплекса в России ежегодно образуется порядка 70 млн. тонн древесных отходов, большая часть которых, как правило, остается невостребованной, ухудшая пожарную безопасность и экологическую обстановку в местах расположения предприятий. Важную составляющую пополнения этой топливной базы являются лесокультурные мероприятия, в результате которых получается около 900 тыс. куб. м. низкосортной и мелкой древесины, не имеющей товарного применения. Между тем, этот огромный потенциал топлива можно и нужно рационально использовать.

Федеральный закон от 23 ноября 2009 года № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные зако-

нодательные акты Российской Федерации», распоряжение Правительства Российской Федерации от 01.12.2009 г. № 1830-р, Закон Свердловской области от 25 декабря 2009 года № 117-ОЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности на территории Свердловской области», определяют политику вовлечения в энергетику ресурсов местных и возобновляемых источников топлив. Основными источниками замещения ископаемых видов топлив для Свердловской области являются отходы древесины и торф, запасы которых могут перекрыть полностью потребности муниципальных образований области в теплопотреблении.

Свердловская область является топливодефицитной, т.к. местные ископаемые топливные ресурсы обеспечивают не более 5% ее потребности. Общее потребление топливно-энергетических ресурсов в Свердловской области составляет около 26 млн. т. условного топлива в год. Из общего объема топлива, поступающего в Свердловскую область извне, примерно 35% составляет природный газ Тюменского Севера, остальное - привозной уголь из Сибири, из Республики Казахстан и мазут. Общее потребление угля в Свердловской области составляет 19 млн.т. в год, в т.ч. доля собственных углей, потребляемых тепловыми и электростанциями «Свердловэнерго», не превышает 15% от общего объема. Внешние поставки углей нестабильны, транспортная составляющая в их цене растет, что ставит под угрозу снабжение тепловых электростанций области.

Область ежегодно потребляет 19 млрд. куб. м. газа. Согласно “Энергетической стратегии России до 2020 года” цены на газ увеличатся в 3 раза. По эквивалентной теплотворной способности стоимость газа будет выше стоимости угля в 1,2-1,3 раза. В связи с постоянно возрастающей стоимостью мазута, дизельного топлива, каменного угля и природного газа назрела настоятельная необходимость в создании собственной топливной отрасли на основе местных сырьевых ресурсов (древесные отходы, дрова, торф). Ресурсы потенциальных отходов на топливо составляют 3901,9 тыс. тонн или 1213,4 тыс. т. условного топлива (т.у.т.); доступных - 1782,1 тонны, или 554,2 тыс. т.у.т.; реальных - 1107,6 тыс. т., или 344,5 тыс. т.у.т. Реальные ресурсы отходов позволяют получить 2878 МВт, или 2447,8 тыс. Гкал тепловой энергии для замены угольных, мазутных и электрических котельных области

Этот потенциал составляют порубочные остатки, опилки, щепа, стружка, кусковые отходы и кора, мелкотоварная древесина от рубок ухода, теплота сгорания которых ненамного уступает каменному углю. Он в состоянии полностью обеспечить теплом и электроэнергией большинство муниципальных образований отдаленных территорий, освоить районы, которые раньше были малодоступны ввиду отдаленности от централизованных источников энергии.

Стоимость выработки тепла, руб./Гкал из древесных концентратов в 3 раза ниже, чем стоимость тепла из мазута, в 2,5 раза ниже, чем из угля и в 4 раза ниже, чем стоимость тепла на основе электроэнергии. В среднем стоимость 1 кВт. тепловой энергии, произведенной из древесных концентратов, составит 0,93-1,07 руб./кВт, а из щепы и дров еще меньше. При этом экологические преимущества древесного топлива очевидны и позволяют нашему региону получать платежи от реализации положений Киотского протокола.

Свердловская область обладает также значительными ресурсами торфа, объем добычи которого до 1991 года составлял 3,5 млн. тонн. По своим теплоэнергетическим показателям торф близок к древесному топливу, но имеет несколько большую зольность. Современные технологии получения тепловой энергии из торфа ориентированы

на его использование совместно с древесным топливом, что обеспечивает его полноценную сгораемость и минимальные выбросы в атмосферу двуокиси углерода и серы. В области успешно функционирует ОАО «Уралторф», реализуя первые проекты перевода муниципальных котельных на это топливо.

Таким образом, при совместном использовании отходов древесины и торфа, Свердловская область может полностью осуществить перевод на возобновляемые ресурсы энергообеспечения ЖКХ муниципальных образований, а также значительной части промышленных предприятий, имеющих котельные на угле, мазуте и электроэнергии.

Уральский лесной технопарк при ГОУ ВПО «Уральский государственный лесотехнический университет» активно участвует в региональной программе «Повышение энергетической эффективности региональной экономики» и принял на себя выполнение следующих разделов Протокола заседания совета по экономической политике при Полномочном Представителе Президента РФ от 18 декабря 2009 г:

- по п. 2.10. протокола: определение реальных ресурсов отходов лесозаготовок и деревообработки, их географическую концентрацию, логистику и технологические возможности производства различных видов топлива из отходов;
- по п. 3.3. протокола: экономический анализ освоения технологий производства биотоплив различных видов и внедрения генераторов на древесных отходах;
- по п. 3.4. протокола: - разработка комплексного типового проекта малой генерирующей установки на основе древесных отходов.

Кроме указанных пунктов мы предлагаем Министерству энергетики и ЖКХ Свердловской области форсировать разработку отдельной региональной программы по развитию биоэнергетики. Разработку такой программы и практическую работу над вовлечением биоресурсов в энергетический потенциал региона мы готовы провести в сотрудничестве с ОАО «Уралторф», ГБУ «Институт энергосбережения», ООО «Уральский центр энергосбережения и экологии», ЗАО «Агентство по развитию малой энергетики», кафедрами энергетики УрФУ, УГЛТУ, проектировщиками, производителями биотоплива и энергоагрегатов, сотрудничество с которыми мы осуществляем уже в течение ряда лет.

Весьма серьезной является задача обеспечения топливом и тепловыми мощностями жителей лесных поселков, сельскохозяйственных деревень и индивидуальных застройщиков, газификация которых задерживается по различным причинам. Система отопления индивидуального жилья, прививаемая торговыми организациями, неэффективна, затратна и для области, и для индивидуальных застройщиков, отрицательно влияет на экологическую ситуацию в регионе.

Современные задачи теплоэнергетического хозяйства муниципальных образований (МО) требуют профессионализма при решении накопившихся проблем применения самого современного энергетического оборудования и энергосберегающих технологий. К сожалению, профессиональный состав энергетиков большинства ЖКХ муниципальных образований не в состоянии решать предстоящие задачи энергетического обновления и организации систем энергосбережения. Области нужна централизованной подготовки кадров энергетиков ЖКХ, которую мы готовы организовать.

Вот почему мы считаем своевременным возможность рассмотрения вопроса об объединении на базе Уральского лесного технопарка производителей биотоплива, изготовителей энергомощностей, проектировщиков, ученых и разработчиков генераторов

в единую хозяйственную систему – «Региональную биотопливную компанию», что позволит комплексно и ускоренно решать задачи по повышению энергоэффективности региональной экономики.

Разработка и производство энергоэффективных котельных, котлоагрегатов и отопителей индивидуального жилья должны быть налажены в нашей области. Этот шаг послужит катализатором развития нового направления деятельности предприятий металлообработки и машиностроения, особенно малых и средних, создания тысяч новых рабочих мест и пополнению областного бюджета. Мы не отстаем в вопросах исследований в этом направлении, но вот производители энергоагрегатов по-прежнему используют конструкции середины прошлого столетия.

Во всем мире интенсивно избавляются от котельных, работающих на видах топлива, загрязняющих окружающую среду (угле и мазуте). В то же время, нам часто «сплавляют» зарубежные технологии, которые были уместны лет 30-40 назад, выдавая их за самые инновационные. Например, широко рекламируемые котельные на древесном топливе обычного, слоевого, кучевого или факельного (кострового принципа горения) или аналогичные топки на пеллетах для индивидуальных строений. Сжигание древесного и торфяного топлива, даже такого дорогого, как пеллеты и брикеты этими способами приводит всегда к неполному использованию его теплового потенциала, засмаливанию и закоксованию топок и котлов, выбросам в атмосферу двуокисей углерода, азота, серы и тяжелых металлов. Фактический эффективный КПД таких агрегатов не превышает 50 %.

Современные технологии превращения твердых биотоплив в энергию ориентированы на их газогенерацию. Разрабатываемые в середине прошлого века газогенераторы имели КПД до 80%, современные вихревые или циклонные установки достигли показателей 96%.

Анализ параметров котельных на различных видах топлив в МО Свердловской области показал, что среднее значение их мощности колеблется в интервале 600-800 кВт. Таким параметрам соответствуют именно самые перспективные виды газогенераторных топок, работающих в автономном автоматическом режиме. Внедрение таких энергоустановок в применении к существующим котлам не требует больших общестроительных работ и обойдется приобретателям дешевле всего. К тому же, вихревые или циклонные топки служат по несколько лет без капремонтов.

Многие руководители МО настаивают на применении агрегатов на топливных дровах и мотивация этих просьб понятна: на дрова у них всегда имеются фонды. Между тем, газогенераторы на дровах также эффективны, экономичны, работают в режиме редких (1 раз в сутки) загрузок и позволяют использовать работников котельных летом на подготовке топлива. Имеющиеся в продаже полуавтоматы для производства дров позволяют вывести их себестоимость на уровень 350 – 400 руб./м<sup>3</sup>.

В Уральском лесном технопарке разработана программа перевода котельных на древесное топливо и проекты газопиролизных теплогенераторов-автоматов. Слово за администрациями муниципальных образований, которым мы и предлагаем эти проекты.



Кузьмина М.В., Прядилина Н.К. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)  
[lotos\\_nk@inbox.ru](mailto:lotos_nk@inbox.ru)

**ТРАНСФОРМАЦИЯ ТИПА ПРЕДПРИЯТИЯ КАК ИНСТРУМЕНТ  
ОПТИМИЗАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ХОЗЯЙСТВОВАНИЯ**  
*TYPE OF AN ENTERPRISE AS A TOOL FOR ADVANCING  
PERFORMANCE*

*The article is devoted to the relation between a type of an enterprise and its performance in the case of Joint-Stock Company "Funkom" – the most technologically advanced forest-based enterprise in Sverdlovsk region.*

Тип предприятия, реализуемый в процессе проектирования и организации нового хозяйствующего субъекта, запечатлён в материальных объектах его производства и соответствует на I этапе функционирования современному техническому уровню развития отрасли. Под воздействием научно-технического прогресса тип предприятия «устаревает», ухудшая результаты его хозяйствования и снижая конкурентоспособность. По законам экономической теории, при существенном изменении рыночной среды для поддержания заданного уровня финансовой устойчивости предприятия, тип предприятия подлежит трансформации, и, как следствие, существенному обновлению его экономо-технического облика.

В советской экономике смена типа предприятия из-за влияния разнообразных факторов в лесопромышленном комплексе запаздывала, тормозя внедрение научно-технических новшеств и достижение экономических выгод от их осуществления.

Как показывает практика, оперативная реакция на изменения обстановки трансформацией типа предприятия является первоочередным условием «выживаемости». Менеджменту предприятия вменена обязанность: при вновь возникающих обстоятельствах своевременно оценить ситуацию и принять обязывающее управленческое решение, приводящее предприятие, если не к успеху, то хотя бы к удержанию своего рыночного положения.

Авторами статьи, с теоретических позиций, предпринята попытка осмыслить сущность организационно-экономических преобразований за последние 20 лет на одном из лучших предприятий лесного комплекса Свердловской области – ЗАО «Фанком».

В табл. 1 указаны этапы развития предприятия и изложена информация о смене его типа.

В табл. 2 представлены данные о работе ЗАО «Фанком» на последнем этапе развития в период экономического кризиса, но при оптимальном типе предприятия.

Информация убеждает в одном, что мировой экономический кризис замедлил темпы развития предприятия, но своевременный переход на оптимальный тип предприятия содействовал оперативному преодолению кризисных тенденций и закреплению на мировом лесном рынке лесоматериалов.

В процессе перманентной трансформации типа предприятия ЗАО «Фанком» столкнулось с множеством «рифов» и успешно их преодолело. В 1995 году предпри-

ятие подтолкнули к трансформации типа необоснованно завышенные запросы поставщиков фанерного сырья, необязательность при поставках древесины или их срыв.

Таблица 1 – Трансформация типа предприятия ЗАО «Фанком» в период 1991 – 2010 гг.

Этапы развития	Задействованный тип предприятия	Сущность преобразований	Мотивация действий менеджмента предприятия
I этап (1991- 1994 гг.) Вхождение в рыночные отношения и адаптация	Специализированное предприятие	Отказ от комбинирования (в связи с высоким физическим износом оборудования цеха ДСП оборудование производства фанеры); улучшение качества продукции	Достижение финансовой устойчивости предприятия; выход на мировой рынок лесоматериалов
II этап (1995-2005 гг.) Устойчивое развитие в рыночных условиях	Комбинированное предприятие на основе последовательной переработки сырья (технологическая цепочка)	Организация лесозаготовительного производства для самообеспечения фанерным сырьем (на базе традиционной технологии)	Исключение воздействия внешних факторов на конкурентоспособность предприятия; снижение себестоимости продукции за счёт сокращения материальных затрат; накопление финансовых ресурсов
III этап. Реализация мер по повышению конкурентоспособности производства (с 2006 г. по настоящее время)	Комбинированное предприятие с высоким уровнем концентрации и современным техническим уровнем производства	Создание новых производственных мощностей по производству фанеры на базе современной технологии; механизация лесозаготовительного производства	Наращивание объемов производства высококачественной фанеры; рост производительности труда и оптимизация численности ППП

Таблица 2 – Динамика объемов производства ЗАО «Фанком» 2007-2010 гг.

Показатели	Годы			
	2007	2008	2009	2010
Товарная продукция, млн. руб.	2317	2180	1546	2216
Производство фанеры, тыс. м <sup>3</sup>	177	140	118	156
Заготовка древесины (верхний склад), тыс.м <sup>3</sup>	456	449	320	368
Вывозка древесины, тыс.м <sup>3</sup>	438	360	366	347
Раскряжевка хлыстов, тыс.м <sup>3</sup>	462	430	243	226

Создание собственного производства лесозаготовок оперативно не только «смягчило» негативные последствия простоев из-за отсутствия сырья, а совсем исключило эту проблему с повестки дня. Дополнительная прибыль от снижения себестоимости продукции за счёт уменьшения затрат на собственное сырьё способствовала накоплению финансовых ресурсов, необходимых для технического обновления производства. Далее нельзя было игнорировать факт применения в организованном лесозаготовительном производстве технологии 40-летней давности; в техническом обновлении нуждалось и традиционное для предприятия производство фанеры.

Поэтому приобретение нескольких комплексов типа «Харвестер-форвардер», как и импортного оборудования, для производства фанеры реально модернизировали производство предприятия, придав им качественно иной технический статус (табл.1). Первый комплекс данных лесных машин заработал на предприятии с ноября 2006 года. В настоящее время на ЗАО «Фанком» работает 5 подобных комплексов; 50% лесозаготовок ведется по хлыстовой технологии и 50% - по сортиментной.

Трансформация типа предприятия не может происходить безболезненно. Переход на путь комбинирования имеет и свои подводные камни. К ним относятся: истощение запасов древесины, все большая удаленность лесосек от предприятия, как следствие, рост затрат на сырьё. Развитие собственных лесозаготовок вызвало также проблему, обусловленную неоднородностью древесного сырья. Так как предприятию нужен в основном берёзовый фанерный кряж, то пришлось решать вопрос о реализации низкосортных сортиментов и дров, неизбежных при заготовке древесины. Низкосортная древесина составляют до 40% объема лесозаготовок (около 140 тыс.м<sup>3</sup> в год).

Руководство ЗАО «Фанком» при решении этой проблемы воспользовалось благоприятной ситуацией и заключило взаимовыгодные отношения с Верхнесинячихинским лесохимзаводом, расположенным весьма разумно еще в советское время рядом с фанерным производством, которому нужен большой объем низкосортной древесины для выжига древесного угля. Поставки низкосортной древесины туда составляют до 100 тыс. м<sup>3</sup> в год.

До 20 тыс. м<sup>3</sup> дров ежегодно предприятие реализует населению близлежащих поселений и объектам социальной инфраструктуры.

Но не всегда благоприятные предпосылки оказываются реализуемы. Находясь на удалении 2-х десятков километров одному из предприятий отрасли нужна низкосортная древесина как сырьё для производства ДСП. Но хозяйственные связи с ним у ЗАО «Фанком» не стабильны из-за хронической дебиторской задолженности при расчетах за сырьё. Поэтому некоторый объем низкосортной древесины до сих пор потребителями не востребован, а это приводит к упущенной экономической выгоде.

Таким образом, опыт ЗАО «Фанком» свидетельствует, как важно всесторонне оценивать постоянно меняющуюся экономическую среду, своевременно и обоснованно принимать решения по выбору дальнейшего пути развития предприятия.

Ледницкий А.В., Федоренчик А.С. (БГТУ, г. Минск, РБ)

[ledniz@inbox.ru](mailto:ledniz@inbox.ru), [fedor@bstu.unibel.by](mailto:fedor@bstu.unibel.by)

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ  
СПОСОБОВ ПОДГОТОВКИ ТОПЛИВНОЙ ДРЕВЕСИНЫ ДЛЯ  
МИНИ ТЕПЛОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИХ  
МОЩНОСТИ И УСЛОВИЙ ЗАГОТОВКИ СЫРЬЯ**  
*COMPARATIVE COST-EFFECTIVENESS ANALYSIS FOR  
TECHNOLOGIES OF PROCESSING WOOD FUEL FOR SMALL  
POWER STATIONS*

*Comparative cost-effectiveness analysis for processing equipments to get fuel chips from low-grade wood has been performed by the authors. This analysis allows to range machinery and equipment systems, to recognize the most optimal cases to use the equipment, to optimize management solutions.*

**Введение.** В настоящее время в Республике Беларусь создана новая система обеспечения энергетических объектов древесным топливом, требующая ресурсного и финансового обеспечения. Разработаны отечественные машины и оборудование, технологии, выбраны наиболее целесообразные формы организации производства. Сегодня все усилия направлены на снижение себестоимости производства древесного топлива и повышение его конкурентоспособности по отношению к ископаемым видам топлива путем формирования наиболее эффективных систем машин, оптимизации расположения складов и решения задач логистики доставки топлива. Решение данной задачи требует хорошего информационного обеспечения, выполнения многовариантных технико-экономических расчетов, поиска принципиально новых технических, технологических и организационно-управленческих методов.

**1. Сырьевой потенциал производства щепы.** Основными разновидностями древесного сырья, вовлекаемыми в процесс производства топливной щепы, в Республике Беларусь являются: отходы лесозаготовок по рубкам главного и промежуточного пользования; отходы цехов лесопиления и цехов деревообработки; низкокачественная неделовая (дровяная) древесина.

При этом основной удельный вес потребляемого сырья приходится на низкокачественную дровяную древесину. Отходы лесопиления и деревообработки в основном используются для выработки технологической щепы, производства пеллет. Отходы лесозаготовок по ряду причин не находят должного применения.

**2. Формирование систем машин для производства топливной щепы.** Для бесперебойного снабжения энергетических объектов топливной щепой из *низкокачественной древесины и отходов лесозаготовок* были сформированы системы машин трех уровней мощности:

– с годовым объемом производства топливной щепы **5–10** тыс. пл. м<sup>3</sup> для обеспечения энергетических объектов с установленной тепловой мощностью **0,2–4** МВт Министерства жилищно-коммунального хозяйства, Министерства образования, Министерства здравоохранения и других ведомств и организаций;

– с годовым объемом производства топливной щепы **11–30** тыс. пл. м<sup>3</sup> для обеспечения энергетических объектов с установленной тепловой мощностью **4–10** МВт Министерства жилищно-коммунального хозяйства и других ведомств и организаций;

– с годовым объемом производства топливной щепы **31 и более** тыс. пл. м<sup>3</sup> для обеспечения энергетических объектов с установленной тепловой мощностью **свыше 10** МВт и электрической 1 МВт и более Министерства жилищно-коммунального хозяйства, Министерства энергетики.

Капитальные затраты на приобретение систем машин, обеспечивающих сбор, заготовку, транспортировку, измельчение древесного сырья в топливную щепу и поставку ее потребителю из низкокачественной древесины и отходов лесозаготовок представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Капитальные вложения на формирование систем машин для производства топливной щепы из низкокачественной древесины и отходов лесозаготовок

№ системы машин	Состав системы машин	Суммарные капиталовложения, евро
объем производства топливной щепы <b>5–10</b> тыс. пл. м <sup>3</sup> /год		
1.1	МТЗ-1221 + МР-25 (от ВОМ) + 2 МАЗ-5433 + 2 САТ-105	221 252
1.2	2 МПТ-461.1 + МТЗ-1221 + «Farmi» СН 260 CF (от ВОМ) + 2 МАЗ-5433 + 2 САТ-105	200 699
1.3	2 МПТ-461.1 + МТЗ-82.1 + Biber 5 (с авт. двиг.) + 2 МАЗ-5433 + 2 САТ-105	198 403
объем производства топливной щепы <b>11–30</b> тыс. пл. м <sup>3</sup> /год		
2.1	3 МПТ-461.1 + МТЗ-1221 + МР 40 (с авт. двиг.) + 3 МАЗ-5433 + 3 САТ-105	386 929
2.2	3 МПТ-461.1 + МТЗ-1221 + Jenz 420D (с авт. двиг.) + 3 МАЗ-5433 + 3 САТ-105	481 227
2.3	Амкодор 2902 (от двиг. форвар.) + 2 Мультилифт МАЗ-6501А3	312 846
2.4	3 МПТ-461.1 + 3 МАЗ-6303 (с манип.) + 3 МАЗ-83781 + МРН-40-1 (стац.) + Амкодор-342 С + МТЗ-82.1 + ПС-30	525 080
2.5	3 МПТ-461.1 + 3 МАЗ-6303 (с манип.) + 3 МАЗ-83781 + «Foresteri» С4560LF (стац.) + Амкодор-342 С + МТЗ-82.1 + ПС-30	559 916
объем производства топливной щепы <b>31 и более</b> тыс. пл. м <sup>3</sup> /год		
3.1	2 пакетировщика Timberjack 1490D + 4 МЛ-131 + МТЗ-1221 + Bruks 1512 СТ + 3 МАЗ-5433 + 3 САТ-105 + 2 МАЗ-6501А5 + 2 МАЗ-857102	1 748 722
3.2	4 МПТ-461.1 + МЛ-131 + Jenz 561R (от двиг. автомоб.) + 3 МАЗ-5433 + 3 САТ-105 + 2 МАЗ-6501А5 + 2 МАЗ-857102	826 325

**3. Оценка экономической эффективности производства топливной щепы.** Эффективность производства топливной щепы определена с использованием разработанных методических подходов, изложенных в [1]. Результаты выполненной оценки эффективности

производства топливной щепы из низкокачественной древесины и отходов лесозаготовок представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Показатели экономической оценки эффективности производства топливной щепы из дровяной древесины и отходов лесозаготовок

Наименование показателей	Система машин									
	№ 1.1	№ 1.2	№ 1.3	№ 2.1	№ 2.2	№ 2.3	№ 2.4	№ 2.5	№ 3.1	№ 3.2
Рентабельность производства щепы, %	12,64	9,50	10,47	20,06	19,40	9,77	0,00	0,00	10,34	33,85
<i>Производство щепы из отходов лесозаготовок</i>										
Полная себестоимость 1 м <sup>3</sup> щепы, евро/пл. м <sup>3</sup>	13,6	18,3	17,9	15,3	15,2	13,2	15,6	15,8	13,9	16,5
Отпускная цена 1 м <sup>3</sup> щепы без НДС, евро/пл. м <sup>3</sup>	15,4	20,3	20,0	18,6	18,4	14,6	15,7	16,0	15,5	22,4
<i>Производство щепы из дровяной древесины</i>										
Полная себестоимость 1 м <sup>3</sup> щепы, евро/пл. м <sup>3</sup>	13,6	13,5	13,4	12,5	12,6	14,1	15,6	15,8	13,9	10,9
Отпускная цена 1 м <sup>3</sup> щепы без НДС, евро/пл. м <sup>3</sup>	15,5	15,0	15,0	15,2	15,2	15,6	15,7	16,0	15,5	14,7
<i>Смешанное производство щепы из дровяной древесины и отходов лесозаготовок</i>										
Полная себестоимость 1 м <sup>3</sup> щепы, евро/пл. м <sup>3</sup>	13,6	14,0	13,9	12,8	12,9	14,0	15,6	15,8	13,9	11,5
Отпускная цена 1 м <sup>3</sup> щепы без НДС, евро/пл. м <sup>3</sup>	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5	15,7	16,0	15,5	15,5
Чистая прибыль, тыс. евро/год	11,5	8,7	9,6	53,7	51,9	28,3	-2,2	-2,3	40,8	122,2
Амортизация, тыс. евро/год	28,1	22,8	22,4	47,1	60,5	42,8	78,3	84,8	252,6	102,3
Период возврата по среднему значению дохода, лет	5,7	6,5	6,3	3,9	4,3	4,5	7,1	7,0	6,1	3,7
Удельный дисконтированный доход, евро/пл. м <sup>3</sup>	-0,2	-0,5	-0,4	0,7	0,5	0,3	-0,6	-0,6	-0,7	1,0

Анализ табл. 2 позволяет сделать вывод о том, что производство топливной щепы из дровяной древесины и отходов лесозаготовок в условиях лесосеки и промежуточного склада с использованием мобильных систем машин № 1.1–1.3 выгодно. При этом более эффективной оказалась система машин № 1.1, сформированная на базе прицепной барабанной рубильной машины отечественного производства типа «Беларус МР-25» с приводом от вала отбора мощности трактора МТЗ-1221, производства РУП «МТЗ». В данной системе машин уровень рентабельности производства щепы по сравнению с системами машин № 1.2 и 1.3 выше примерно на 26,6%, чистая прибыль – на 25,7%, а период возврата капитала меньше на 11%. Высокая эффективность объясняется использованием рубильной машины с барабанным механизмом резания, что обеспечивает более высокую производительность. Среди систем машин, сформированных на базе дисковых рубильных машин, более эффективной оказалась система машин № 1.3, использующая рубильную машину с автономным двигателем. Так, себестоимость топливной щепы для системы машин № 1.3 ниже на 1% и период возврата капитала на 2,8% меньше по сравнению с системой машин № 1.2.



а

б

в

а – погрузочно-транспортная машина МПТ-461.1; б – барабанная передвижная рубильная машина МТЗ-1221 + НЕМ 420 D; в – автощеповоз МАЗ-543302-222 + САТ-105

Рисунок 1 – Система машин №2.2

Анализ использования систем машин № 3.1–3.2 свидетельствует о высокой экономической эффективности. Так, система машин № 3.1 (рис. 2), сформированная на базе прессователя-пакетировщика рыхлого сырья (лесосечных отходов) Timberjack 1490D и мобильной рубильной машины барабанного типа Bruks 1512 СТ, обеспечивает весьма эффективное производство топливной щепы из отходов лесозаготовок. Об этом свидетельствуют: рентабельность 10,34%, отпускная цена в диапазоне предельных цен в республике и период возврата капитала (6,09 года) в пределах нормативного срока службы ведущего оборудования. Вместе с тем система машин № 3.1 отличается высокой капиталоемкостью (1,75 млн. евро) и ее применение будет эффективно только в случае переработки значительных объемов отходов лесозаготовок (от 30 и более тыс. пл. м<sup>3</sup>/год).



а

б

в

а – прессователь-пакетировщик Timberjack 1490 D; б – форвардер МЛ-131;

в – барабанная передвижная рубильная машина Bruks 1512 СТ;

автощеповоз МАЗ-543302-222 + САТ-105

Рисунок 2 – Система машин №3.1

Система машин № 3.2 (рис. 3), сформированная на базе мобильной рубильной машины барабанного типа на автомобильном шасси НЕМ 561R фирмы «Jenz», отличается высокой экономической эффективностью. Ее использование обеспечивает производство топливной щепы с рентабельностью в среднем 33,85%, получение чистой прибыли в размере 122,2 млн. евро в год и период возврата капитала в течение 4 лет. Себестоимость производства щепы для системы машин № 3.2 по сравнению с лучшими аналогами, системами машин № 2.1 и 2.2, ниже на 10,6%, а период возврата капитала – на 8,9%. Система машин № 3.2 рекомендуется к использованию при значительных объемах производства (более 30 тыс. пл. м<sup>3</sup>/год) и большой децентрации измельчаемого сырья.





а

б

в

а – форвардер МЛ–131 или погрузочно-транспортная машина МПТ-461.1; б – самоходная передвижная барабанная рубильная машина НЕМ 561 R;

в – автощеповоз МА3-543302-222 + САТ-105

Рисунок 3 – Система машин №3.2

В целом результаты выполненной оценки позволяют сделать следующие выводы.

Трудоемкость производства топливной щепы зависит от степени механизации и автоматизации производственного процесса. Как правило, более высокую степень автоматизации производственного процесса позволяют получить мобильные системы машин, сформированные на базе рубильных машин барабанного типа. Капиталоемкость производства топливной щепы зависит от сложности конструкции применяемых машин и оборудования, оснащенности их средствами автоматики. Более значительные первоначальные объемы инвестиций, как правило, связаны с мобильными системами машин. В то же время за счет более высокой производительности удельная капиталоемкость в мобильных системах машин находится на более низком уровне.

Рост объемов производства топливной щепы позволяет снизить удельные затраты на содержание и эксплуатацию оборудования и заработную плату с начислениями. Поэтому организовывать производство топливной щепы выгодно при годовом объеме производства не менее 7 тыс. пл. мЗ.

Для измельчения низкокачественной древесины, отходов лесозаготовок на топливную щепу могут эффективно применяться как мобильные, так и стационарные рубильные машины, с дисковым и барабанным механизмом резания. В этой связи окончательное решение о формировании и приобретении той или иной системы машин должно приниматься с учетом конкретных природно-производственных условий исходя из разработки соответствующего технико-экономического обоснования.

**Заключение.** Результаты выполненных исследований позволяют сделать следующие основные выводы.

1. Глобальные аспекты воздействия энергетического сектора на окружающую среду и необходимость обеспечения энергетической безопасности стран, не имеющих своих ископаемых энергетических ресурсов, способствуют использованию в этих странах древесной биомассы, как местного возобновляемого источника сырья, для производства энергии.

2. В Беларуси, где непрерывно возрастает лесосырьевой потенциал страны, где начат массовый перевод котлов с российского газа и мазута на местное древесное топливо, где формируется школа собственного лесного машиностроения, оценка экономической эффективности использования древесного биосырья для энергетических целей представляется весьма актуальной.



3. Накопленный отечественный опыт свидетельствует: проекты по использованию древесного топлива требуют скрупулезной экономической проработки. Ибо они могут оказаться как высокорентабельными, так и глубоко убыточными. Причем приобрести готовые технологии производства древесного топлива не удастся. Слишком много факторов влияет на эффективность его производства.

4. Результаты научных исследований, обобщенный мировой и первый отечественный опыт по созданию машин и технологий для производства топливной щепы [2] будут стимулировать поиск новых решений в области повышения эффективности использования низкокачественной древесины, отходов лесозаготовок, лесопиления и деревообработки. Полученные результаты могут быть использованы в практической работе министерств, ведомств и организаций, занимающихся заготовкой древесно-топливного сырья, его измельчением, хранением и доставкой топливной щепы к местам потребления.

#### Библиографический список

1. Ледницкий А.В. Методические подходы к оценке экономической эффективности производства древесного топлива // Труды БГТУ. Сер. VII. Экономика и управление. – Минск, 2010. – Вып. XVIII. – С. 122–126.

2. Федоренчик, А. С. Энергетическое использование низкокачественной древесины и древесных отходов / Монография / А.С. Федоренчик, А.В. Ледницкий. – Минск: БГТУ, 2010. – 446 с.

**Полухин А.В.** (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ) [xspoluhinx@mail.ru](mailto:xspoluhinx@mail.ru)

### **ВЛИЯНИЕ БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ИНТЕНСИФИКАЦИЮ ВЕДЕНИЯ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА BIO-ENERGY TECHNOLOGIES FOR ADVANCING FORESTRY**

*Advanced thinning technologies are considered in this article.*

Согласно Лесному кодексу РФ ведение лесного хозяйства должно опираться на принципы многоцелевого, рационального и непрерывного использования лесов, а также повышения продуктивности лесов [1]. Этим же принципам отвечает и интенсивное ведение лесного хозяйства, т.е. увеличение объема лесопользования за счёт повышения интенсивности лесопользования в уже освоенных лесах.

Одним из приоритетных направлений эффективного использования лесных ресурсов является создание современных технологий рубок ухода. Данные рубки нацелены на повышение качества древесины, которую предстоит заготавливать в ходе рубок главного пользования, и на увеличение общего объема заготавливаемой древесины. Рубки ухода подразделяются на две категории:

- уход без заготовки древесины (рубки осветления, прочистки, уход за подлеском, обрезка сучьев);
- уход с одновременной заготовкой древесины (рубки прореживания, проходные, обновления, переформирования, реконструкции).

Объёмы рубок при уходе за лесом показаны на диаграмме 1 (рис.1).

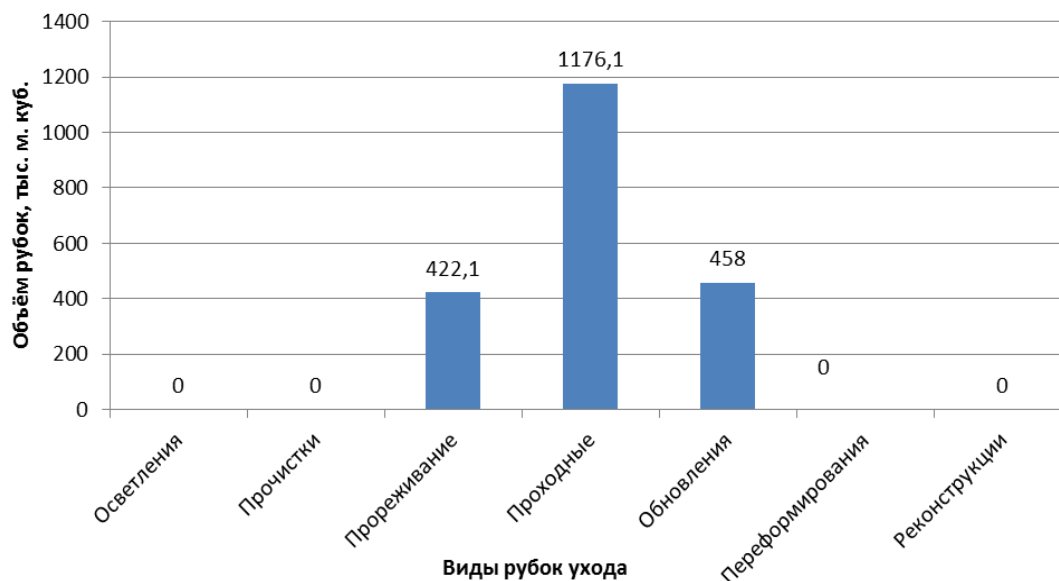


Рисунок 1 – Объёмы рубок ухода

По данным Министерства природных ресурсов общий объём заготовки ликвидной древесины за 2006 год составил 8802,65 тыс. м. куб. [2]. Доля древесины заготовленной при рубках прореживания составляет 4,8 %, при проходных рубках – 13,4 %, при рубках обновления – 5,2 %. При этом доля деловой древесины составляет 1/3 от общего объёма древесины заготовленной при рубках ухода, а остальная часть (порядка 1400 тыс. м. куб.) является дровяной древесиной. Рубки осветления и прочистки имеют важное лесохозяйственное значение и нацелены на регулирование густоты насаждений, а так же на создание благоприятных условий роста деревьев главных пород [3]. Но данные рубки по уходу за молодняками не проводятся, т.к. носят некоммерческий характер и являются убыточными с экономической точки зрения.

Себестоимость древесины получаемой при рубках ухода значительно выше по сравнению со сплошными рубками. Это связано с низкой производительностью техники, а так же с тем, что заготавливаемая древесная масса не подлежит использованию в качестве сырья для производства продукции с высокой добавочной стоимостью. В настоящее время приоритетным является направление по разработке технологий использования этой биомассы в качестве источника энергии.

Сегодня существует много видов биотоплива получаемого из лесных ресурсов:

1. Дрова топливные для населения – самый распространённый и простой вид топлива незаменимый в большинстве населённых пунктов России;
2. Топливные гранулы (пеллеты) – гранулированная биомасса мелкой фракции, позволяет автоматизировать технологию сжигания;
3. Топливные брикеты (евродрова)- прессованные отходы деревообработки;
4. Древесный уголь - микропористый высокоуглеродистый продукт, образующийся при пиролизе древесины без доступа кислорода;
5. Древесноугольные брикеты – спрессованный древесный уголь с добавлением специального экологически чистого связующего;

Продукция глубокой переработки древесины является конкурентоспособной, что обеспечивает выход ее на российские и зарубежные рынки. Так же, сами лесозаготовители могут использовать низкокачественную древесину для получения энергоресурсов для собственных нужд.

В настоящее время существуют различные водогрейные и паровые комплексы, а так же электростанции, работающие на отходах лесопромышленного производства. Современные котлы позволяют сжигать древесные отходы без дополнительной обработки, что значительно упрощает и уменьшает стоимость получения энергии. Так, в основе оборудования, разработанного российской компанией, лежит аэродинамическое разделение объема топки на зону сушки и зону горения, то есть топливо сначала подсушивается от излучения горящего топлива, при этом происходит слипание мелочи, благодаря этому интенсивность горения определяется только количеством кислорода, необходимого для поддержания горения. Благодаря этому топливо полностью сгорает. В качестве топлива используются отходы лесопромышленного производства, при этом нет ограничения по влажности, а максимальные размеры сжигаемых отходов составляют 0,5 x 1,5 метра [4].

Ещё одним из видов использования низкосортной древесины, полученной в результате рубок ухода, является пиролиз древесины. Получаемый в результате этого древесный уголь имеет бытовое и промышленное применение. Основным промышленным потребителем древесного угля является металлургия, где он применяется для выплавки железа и ферросплавов, в частности ферросилиция и кремния [5]. Для производства угля подходят все виды пород, необходимость сортировки зависит от рынка сбыта. Так же нет строгих ограничений по влажности сырья. Производство древесного угля позволяет получить востребованный на рынке продукт химической переработки низкосортной дровяной древесины. Процесс пиролиза древесины так же сопровождается выделением большого количества тепла, которое используется для собственных нужд производителя.

Кроме того, сейчас среди предприятий наблюдается тенденция производства древесного угля с последующей цепочкой дальнейшей переработки этого угля. Например, брикетирование древесного угля. Это позволяет использовать мелкий древесный уголь, получаемый в больших количествах при сжигании отходов, при этом получают топливные брикеты с высокой плотностью. Среди преимуществ такого вида топлива является высокая энергоёмкость, возможность автоматизировать процесс сгорания топлива в топке, т. к. брикеты имеют стандартные размеры, к преимуществам можно отнести и удобство транспортировки. Другим продуктом переработки древесного угля являются активные угли. Этот продукт нашел широкое применение в химической, фармацевтической, пищевой и других видов промышленности.

Таким образом, биоэнергетические технологии сегодня позволяют в полной мере использовать продукты, получаемые в результате рубок ухода. Современные методы биоэнергетики направлены на использование низкосортной дровяной древесины, большая часть которой заготавливается в результате промежуточного пользования лесом. Решение данной проблемы позволяет увеличить долю рубок ухода и способствует переходу к интенсивному методу ведения лесного хозяйства. Кроме того, это позволяет

получить востребованные рынком продукты лесной энергетики, что позволяет снизить убыточность ведения лесного хозяйства.

### Библиографический список

1. Лесной кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс]: Федеральное агентство лесного хозяйства. URL: <http://www.rosleshoz.gov.ru/docs/federal/codex> (дата обращения 20.04.2011).
2. Лесной план Свердловской области на 2009-2018 годы [Электронный ресурс]: Министерство природных ресурсов Свердловской области. URL: <http://old.midural.ru/midural-new/project/forest/page1.htm> (дата обращения 20.04.2011).
3. Куликов Г.М. Основы лесного хозяйства / Куликов Г.М., Старжинский В.Н., Мехренцев А.В., Зубов С.А. // Учеб. пособие. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. акад., - 2000. – 352 с.
4. Трусов С.А. Есть решение проблемы утилизации древесных отходов / С.А. Трусов // Лесопромышленный комплекс Урала. 2007. 10 августа.
5. Юрьев Ю.Л. Древесный уголь. Справочник / Екатеринбург: Издательство «Сократ», - 2007. – 184 с.

### Мари Пантсар-Каллио

*(Финский кластер экологически чистых технологий Cleantech,  
г. Лахти, Финляндия)*

## **ИННОВАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ЦЕНТР ГОРОДА ЛАХТИ. ЛИДИРУЮЩИЙ В СЕВЕРНОЙ ЕВРОПЕ ЦЕНТР ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ ТЕХНОЛОГИЙ CLEANTECH LAHTI SCIENCE AND BUSINESS PARK LTD THE LEADING CLEANTECH TECHNOLOGY CENTRE IN NORTHERN EUROPE**

*Lahti Science and Business Park Ltd (LSBP) is one of the most significant activators of the Finnish Cleantech business, the number one cleantech centre in the Northern Europe and one of the top cleantech centres in the world. As a coordinator of the Finnish Cleantech Cluster LSBP is in charge of the developing and the internationalization of the Finnish cleantech companies. LSBP offers Business Incubator Services, Cluster Development Services, Laboratory Services and Premises & Facilities Services and is responsible for creating an efficient regional innovation system. LSBP owns the renewable energy research centre Energon, which offers excellent setting for comprehensive research of renewable energy and energy efficiency, as well as for piloting of new technologies.*

Инновационно-технологический центр города Лахти является ведущим технопарком мирового масштаба в области энергетических и экологических технологий в Северной Европе. Основные направления деятельности Инновационно-

технологического центра города Лахти – это развитие малого и среднего предпринимательства, реализация программ по интернационализации, предоставление услуг по инфраструктуре, услуги бизнес-инкубатора, и работа Исследовательского центра возобновляемой энергии «Энергон».

Технопарк руководит Финским кластером экологически чистых технологий Cleantech по мандату Министерства занятости и экономического развития Финляндии. Данный кластер образован из четырех значительнейших экспертных сосредоточений в сфере экологически чистых технологий в Финляндии: городов Лахти, Куопио, Оулу и провинции Уусимаа. Деятельность кластера охватывает около 60% финского предпринимательства в сфере экологии и 80% исследовательской деятельности в данной сфере. Кластер объединяет более 400 финских предприятий из сферы экологии и энергетики, а также передовые университеты и научно-исследовательские центры Финляндии. Целью кластера является обеспечить рост инновационного предпринимательства в сфере экологии, содействовать обмену опытом специалистов в данной сфере между предприятиями и университетами, а также содействовать интернационализации предприятий.

Благодаря успешной деятельности Финский кластер экологически чистых технологий Cleantech был удостоен третьего места в мировом рейтинге, проводящемся авторитетной компанией Sustainable World Capital в 2010 году. На сегодняшний день более 200 финских компаний задействованы в программах по интернационализации деятельности, основными фокусами которых являются рынки Европы, России, Китая, Индии и США. В рамках Программы по России осуществляется поддержка предприятий, стремящихся на российский рынок, путем содействия при проведении маркетинговых исследований и поиске новых клиентов, а также при выходе на новые секторы экспортного рынка. Кроме этого проводятся выставки и семинары, даются консультации по продвижению и возможностям финансирования экспорта, а также ведутся коммерческие переговоры.

В настоящее время Инновационно-технологический центр города Лахти успел зарекомендовать себя как надежный и эффективный партнер, участвующий в процессе создания новых видов высокотехнологичной продукции. Его деятельность играет важную роль в развитии региона Лахти и в создании новых рабочих мест. Для зарубежных компаний Инновационно-технологический центр города Лахти выступает в качестве связующего звена при поиске партнеров в Финляндии.

### **От бизнес-идеи к реализации прибыльного бизнеса**

Бизнес-инкубатор Инновационно-технологического центра города Лахти является вторым по величине в Финляндии, где количество потенциальных клиентов на услуги бизнес-инкубирования составляет до 40 субъектов ежегодно. Финская модель бизнес-инкубирования признана эффективной на мировом уровне и показывает хорошие результаты в процессах создания, финансирования и поддержки деятельности новых инновационных предприятий при их выходе на международный рынок.

Услуги бизнес-инкубатора направлены на поддержку начинающих предпринимателей в начале их предпринимательского пути. Потенциальные клиенты бизнес-инкубатора должны обладать уникальной бизнес-идеей, которая в перспективе способна привести к росту и конкурентоспособности бизнеса. Основная работа инкубатора делится на три этапа: прединкубационный этап (<6 мес.), основной этап инкубации (<24 мес.) и этап выхода из бизнес-инкубатора. Прединкубационный этап подразумевает

ет усовершенствование бизнес-идеи, разработку бизнес плана и создание предприятия. На основном этапе инкубации предприятие начинает свою деятельность – идет процесс развития и определения своего места в деловом сообществе. Когда финансовые вопросы предприятия урегулированы и будущее направление четко обозначено, можно говорить об этапе выхода предприятия из бизнес-инкубатора. На протяжении всего процесса инкубации начинающий предприниматель может рассчитывать на помощь и консультацию специалистов, например, в таких вопросах, как услуги по развитию бизнеса, маркетинг, финансирование, юридическая консультация.

### **Исследовательский центр возобновляемой энергии «Энергон»**

Исследовательский центр возобновляемой энергии «Энергон», владельцем которого является Инновационно-технологический центр города Лахти, занимается исследовательской работой по развитию и коммерциализации технологий в области энергетической эффективности и возобновляемой энергии. Исследовательский центр предлагает беспрецедентные условия для многогранного изучения источников возобновляемой энергии и энергоэффективности, а также для осуществления пилотных проектов по разработке новых технологий.

В центре «Энергон» вносится вклад в разработку рентабельных и надежных технологий возобновляемой энергии, а также одновременного использования нескольких источников энергии (гибридные решения), например, жидких, газообразных и твердых видов биотоплива, а также солнечной и геотермической энергии. В центре исследуются и наглядно демонстрируются свойства и качества горения биогаза и биомасла, энергоэффективные решения котлов и горелок, решения с геотермальными и тепловыми насосами, гелиоэнергетические решения, а также ведется работа по исследованию выбросов микрочастиц и оксидов азота и т. п. в атмосферу. Все перечисленные моменты важны в свете того, что в Финляндии предусмотрено увеличение доли возобновляемой энергии до 38% к 2020 году. В «Энергоне» также проводятся исследования по повышению эффективности использования ископаемых видов топлива и углубленное изучение проблемы, не удостоившейся должного внимания на настоящий момент, по контролю выбросов в атмосферу микрочастиц, образующихся при горении биотоплив (пеллеты, отходы, биогаз, биомасло).

«Энергон» открыт для всех предприятий, и они могут заниматься там проведением исследований и разработкой своего оборудования. Помещения «Энергона» также сдаются в аренду ВУЗам и научно-исследовательским центрам. Производительность помещений «Энергона» вмещает одновременное проведение проектных работ до пяти клиентов на протяжении двух месяцев. Однако экологическая сфера развивается так стремительно, что в будущем в зависимости от спроса будет производиться обновление оборудования и добавление рабочих функций. Такая возможность расширения центра была предусмотрена уже на этапе проектирования «Энергона».

Исследовательский центр возобновляемой энергии «Энергон» займет важную позицию в достижении целей финского правительства по внедрению в потребление возобновляемых видов энергии. Технологии возобновляемой энергии также имеют высокий экспортный потенциал. Работа по доведению технических устройств до уровня коммерческой экспортной продукции является одной из основных целей центра «Энергон». На примере «Энергона» можно построить такие же центры в других точках Финляндии, а также в других странах, например, в России.

Высочил В.К. (ВШЭ, Прага, Чехия) [vyskociv@vse.cz](mailto:vyskociv@vse.cz)

Куда Ф. (ВШБ-ТУ, Острава, Чехия)

## ВЛИЯНИЕ ЭКОНОМИКИ ЗНАНИЙ НА РЕГИОНАЛЬНЫЕ РАЗЛИЧИЯ *INFLUENCES OF THE KNOWLEDGE ECONOMY AT THE REGIONAL DISPARITY*

*Knowledge society introduced a new notion of the knowledge economy. To realize knowledge economy it is necessary to define process and content of each particular phases and estimate influence on the regional disparity.*

Одним из важнейших изменений является переход современного общества от индустриальной стадии развития к обществу знаний. Это обстоятельство оказывает существенное влияние на управленческое мышление и действия, которые всегда неизбежно развивались в сильной зависимости от общественных событий [25]. Как в развитии общества, так и в развитии менеджмента мы являемся свидетелями принципиально новых изменений. Это, прежде всего, феномен **управления изменениями**, который вызывает реакцию в виде **процессной ориентации**. Процессный подход способствовал смещению парадигмы и составляет ядро экономики знаний.

Проблематика **региональных различий** представляет широкую проблему, исходящую из вопроса равенства национального, европейского или мирового развития. Это, в частности, экономические, финансовые, социальные, психологические и политические аспекты, обуславливающие наше мышление об этом вопросе, который, по существу, является вопросом моральным [Myrdal, 1975]. Поиск влияния экономики знаний на региональные различия основывается, в первую очередь, как на «знании», так и на «незнании», стремятся ли они в какое-либо время и по какому-либо вопросу к оппортунистской обусловленности и, следовательно, к отклонениям от полной правды. Если эта оппортунистская тенденция не подвергается критике, то в каждой эпохе и в каждой проблеме она вмешивается и в нашу научную работу. К этой проблеме мы пришли приблизительно восемь лет назад, когда описывали ценностную цепочку Портера применительно к менеджменту вспомогательных процессов и метода facility management (управление инфраструктурой предприятия). Подтверждение этой гипотезы было найдено и в последующем при исследованиях менеджмента вспомогательных процессов в других областях общественного применения. Это, в частности, духовная необузданность от инноваций и умение переплавить её в парадигму новой экономической теории и ангажированного подхода интеллектуального капитала социоэнергического плюрализма. Значимую общественную и экономическую роль играет жильё, уже вследствие своего характера существования. Жильё можно считать существенным фактором, который в условиях плавного (ни в коем случае не скачкообразного) развития способствует уменьшению раздичий в региональном развитии (например, просторное жильё в симбиозе с местностью частично компенсирует в менее развитых территориях недостатки, связанные со сложной доступностью и качеством услуг гражданского обустройства).

**Цель и методика.** Проблема решения региональных различий представляет цель неэгоистических национальных интересов, особенно потому, что исходит из высшего опыта, которым является позиция нации внутри наднациональной группировки. В качестве примера можно привести членство Чешской республики (ЧР) в Европейском Союзе, которое стало очень важной предпосылкой улучшения экономической позиции в рамках европейской и мировой, скорее глобализованной экономики. Из общего числа оценок конкурентоспособности согласно «The Global Competitiveness Report 2004-2007» (GCR) позиция ЧР в приведённой последовательности развивалась следующим образом:

Период	GCI	Приведено	Оценка
2004-05	38	38	4,06
2005-06	29	29	4,76
2006-07	29	29	4,74

Целью решения влияния экономики знаний на проблематику региональных различий является поиск наиболее подходящей теории, которая поддержала бы жёсткую корреляцию между отношением регионов к помощи и отличающимися причинами, указываемыми в официальных документах национального правительства или программных декларациях политических партий. Обоснованием этой теории является не только мнение педагога и моралиста, но также суждение учёного, занимающегося менеджментом вспомогательных процессов, который полностью посвящает себя изучению этой проблемы. Если политики и специалисты станут опасаться присудить надлежащее значение нашим моральным обязательствам, то они покидают почву реализма. Теорию морали мы упомянули также потому, что на международной конференции Факультета экономики предприятий в Высшей школе экономики в Праге в июне 2010г. во вступительном выступлении пражского архиепископа Доминика Дуки был принят моральный аспект нашего общества, отражением которого является современная бедственная ситуация нашего мира, которая должна нас провоцировать и вернуть к фундаментальной моральной проблеме. Между тем следует заметить, что вопрос политики и общего общественного консенсуса в отношении проблематики регионального развития и решения региональных различий должен быть поставлен, в первую очередь, на экономике знаний, которая всё ещё находится на маргинальном уровне и не зарегистрировала для проблематичных регионов и их жителей никаких больших реальных жертв. С этим связано также развитие актуальных региональных различий в физической доступности жилья для отдельных типов проживания и юридических типов использования.

Поэтому методика решения должна исходить из исследовательского плана «*Новая теория экономики и менеджмента организаций и их адаптивные процессы*» на основе преодоления нежелания заниматься этой проблематикой и стремиться фактически инициировать и сотрудничать на продуманной экономике знаний и инновации регионального развития с целью создать «новый региональный порядок» так, как его требуют отстающие регионы, который вёл бы к рациональному ограничению нашего, сегодня расточительного, использования ресурсов. Ориентация на развитие экономики знаний и инновации, включая региональное развитие, представляет наиболее важный из всех критериев, и поэтому мы его воспринимаем как первичный [5]. Дело в том, что некоторые методики возникли в действительности для другого назначения, а для проблематики экономики знаний и инновации используются лишь как альтернатива. Эти методики чаще всего являются составной частью совокупности методик, служащих для



проектирования, создания и внедрения систем знаний. Их практическое применение для внедрения экономики знаний, разумеется, возможно. Целью их не отнесения к избранным методикам не является понижение их применимости или значения. Этим преследуется, скорее, подчёркивание обстоятельства, что развитие экономики знаний и инновации имеет, в отличие от введения других коммерческих концептов или даже технологий, свои специфики, которые методика должна была бы учитывать и работать с ними. Выбранная методика решения и её результаты не должны остаться на общем и необязательном уровне. В этом, по-видимому, заключается наша моральная дилемма, которая стоит перед каждым вновь начинающимся проектом. Для решения доступности жилья была разработана целевая методика решения, которая ограничила область необходимых сведений (индикаторов физической доступности), информационные источники для определения выбранных индикаторов и методы обработки сведений и выражения диспаритетов. Она определила также понимание физической доступности для заданной задачи.

**Современная ситуация экономики знаний.** Цель исследования экономики знаний и инновации представляет собой значительный объём, перечень которого исходит из мониторинга нескольких основных критериев, соответствующих последовательности, в которой они могли бы быть при выборе методики применены:

- *ориентация методики* на внедрение экономики знаний и инновации в региональное развитие – этот критерий я считаю самым важным из всех. Дело в том, что некоторые методики, в действительности, возникли для другого назначения, а для внедрения экономики знаний и инновации применяются как альтернатива [23]. Их практическое использование служит для проектирования, создания и имплементации экономики знаний и инновации в региональном развитии. Этим имеется в виду обстоятельство, что внедрение экономики знаний и инновации имеет, в отличие от других концептов или даже технологий, свои специфики, которые методика должна была бы учитывать и работать с ними;

- *доступность описания методики* в информационных источниках – в специальных журналах, книжных публикациях или на www-сайтах презентуется тем, что специальная литература и другие информационные источники содержат определённое количество ссылок на разные методики. Этот выбор методик не полный ввиду того, что имеются методики, которые в настоящее время публично недоступны и, таким образом, пока не могут быть в этой работе представлены;

- *объём сведений о методике, предоставленных её авторами* – основанием для выбора критерия является обстоятельство, что несмотря на доступность источников, содержащих ссылки на презентованные методики, лишь некоторые из них достаточно описаны. Причина заключается в стремлении защищать своё авторское право на собственную методику внедрения экономики знаний инновации. Сведения о таких методиках публикуются sporadически с разной степенью подробностей. Представленный выбор методик содержит только те, по которым было можно получить хотя бы основные сведения, состоящие в объяснении их философии, принципа, фаз и т.п.;

- *общая степень принятия методики* специалистами в области экономики знаний и инновации в региональном развитии – выполнение этого критерия следовало бы оценивать, исходя из количества ссылок и аннотаций на данную методику в использованных информационных источниках. Этот критерий в сочетании с двумя предыдущими критериями может обусловить существенное сокращение их числа. До-

водом является простая взаимосвязь между причиной и последствием. Если методика не опубликована или если сведения о ней весьма сухие, то на неё невозможно ссылаться и упоминать её в своих трудах.

Чтобы методика была эффективно применима, согласно Воржишку [Voříšek 2002] она должна соответствовать ряду основных требований. Это следующие требования:

- ясно декларировать совокупность параметров, на которых она основана, или которых она стремится достичь (минимальные затраты, как можно более короткий срок решения, включение социального аспекта и т.д.);
- определять процесс решения, чтобы весь процесс внедрения экономики знаний и инновации было можно планировать (время, люди, финансы и т.д.);
- определять приоритеты решения (что и когда важно);
- рекомендовать методы, техники и инструменты, которые целесообразно применить в отдельных фазах решения.

Р. де Хуг (R. de Hoog) и Р. ван дер Спек (R. van der Spek) в своей работе [Hoog 1999] предлагают методическую пирамиду, отдельные уровни которой представляют аспекты, которые должны были бы в методике содержаться. Ярусы пирамиды имеют следующие значения:

- мировоззрение – принципы и предпосылки, содержащиеся в методике;
- теория – знания, доступные в области методики;
- методы – наряду с техниками помогают пользователям выполнить работу так, как методикой определено;
- инструменты – средства, позволяющие использовать метод: документы, формуляры, списки, компьютерные программы и т.д.;
- применение – пробирный камень: применение методики обнажит недостатки и необходимость переработки яруса (части).

Методика содержит модель, отражающую выбранные взгляды на реальность и исходящую из множества философских парадигм. В то же время она должна говорить, какие шаги следует выполнить, чтобы сказала, почему они должны быть выполнены именно в данной последовательности (см. рис. 1).



Рисунок 1 – Методологическая пирамида (перенято и переработано согласно [Hoog 1990]).

Применение представленных критериев сужает количество методик. В связи с применением методики развития экономики знаний и инновации была выбрана методика КМ-Beat-It, где предъявляются основные требования к этому типу методик с точки зрения менеджмента знаний.

**1.1. Методика КМ-Beat-It.** Главная польза этой методики – это, прежде всего, собственно её существование, что она соответствует основным характеристикам методики [10], общим требованиям к методикам и требованиям, предъявляемым специально к методикам внедрения экономики знаний и инновации [18]. С этими выгодами связаны другие положительные характеристики методики, из которых некоторые можно считать вкладами, а некоторые – преимуществами, к которым относятся следующие:

- методика, что касается содержания, не находится в противоречии с основными общими работами по экономике знаний и инновации. Ввиду концепции методики КМ-Beat-It эта часть уже на слишком высоком уровне разрешения, который методика не затрагивает;
- при создании новой методики положительно отразилось включение всех перспектив экономики знаний и инновации, что повлияло на её комплексность. Положительным является также то, что в методику закомпонированы не только все приведенные перспективы, с которых можно экономику знаний и инновации рассматривать и с которых можно подходить к её внедрению, но эти перспективы относительно сбалансированы, что касается значимости и важности, которые им методика приписывает. Главной проблемой, которой однако методика КМ-Beat-It не занимается, является необходимость сбалансированного подхода к процессной, технологической, организационной и менеджерской перспективам в фазе реализации активностей экономики знаний и инновации;
- методика КМ-Beat-It, как одна из немногих, учитывает существование организационной культуры и её влияние на успешность внедрения и реализации экономики знаний и инновации и регионального развития. Весь процесс развития и внедрения экономики знаний и инновации и регионального развития тесно взаимосвязан с экономическими аспектами и целями организации. Верховное руководство региона, городов и провинций, таким образом, имеет возможность проследивать и контролировать расходы и доходы, связанные с развитием экономики знаний и инновации, на примере регионального развития и провинциальных кластеров. Очевидно, что это обстоятельство затем повлияет на повседневную работу в организации, так как, например, будет необходимо отдельно учитывать расходы, связанные с экономикой знаний, чтобы было можно вычислить некоторые показатели (например, ROI);
- к главным преимуществам методики КМ-Beat-It относится возможность применения существующих и обычно доступных инструментов, методов и техник. Эта методика основана не на использовании специализированных инструментов, которые до сих пор обычно не применяются, но на обычных приложениях, инструментах, техниках или методах, которые в большинстве случаев в области экономики знаний или ИТ хорошо известны, доступны или легко достижимы. Разумеется, можно применять и использовать новые сложные инструменты, содержащиеся, например, в определённых программных приложениях. Эта преимущество следует из факта, что методика предоставляет, в первую очередь, общую схему, показывающую, какие принципы следует соблюдать и какие элементы и их взаимосвязи необходимо создать и обеспечить;

- методика очень открыта. В общем, каждая методика должна была бы построена на обычно применяемых и открытых методах и техниках и должна была бы быть способна воспринять все новые познания в области своего действия. Это условие методика выполняет. Она не предписывает строго, какие инструменты, техники или методы необходимо применить у отдельных деятельности. Она лишь указывает области, из которых можно отдельные инструменты, аппликации или методы черпать. Методика скорее рекомендует и оставляет свободное поле деятельности своим будущим пользователям;

- аналогично свободна также фаза реализации, в которой пользователь методики не принуждается приступать к реализации определённых действий. Каждая организация может фазу реализации приспособить согласно своим потребностям и возможностям. Методика этим не принуждает пользователя, например, к инвестициям, которые не являются непосредственно необходимыми. Как уже было упомянуто ранее, желательно обеспечить, чтобы предлагались действия, которые будут сбалансированно подходить к отдельным перспективам экономики знаний и инновации и регионального развития. Однако первичной является способность помочь в достижении региональных целей и выполнении региональной стратегии, поэтому не обязательно этого условия придерживаться при всех обстоятельствах.

**2. Проблематика региональных различий.** Вплоть до сих пор мы сосредотачивались на проблематике экономики знаний с точки зрения методики исследования в прямой взаимосвязи с инновациями и региональным развитием. Однако состояние экономики знаний требует постоянного внимания. Если нельзя стабильно и достаточно быстро повышать уровень экономики знаний и осуществлять поиск резервов и возможных ресурсов для инноваций в рамках регионов среднего до ниже среднего уровня в пределах ЧР, то, имея в виду антикризисные меры, содержащиеся в Плане европейского экономического обновления [15], в частности, *поддержка быстрого внедрения экологических проектов, а также повышение инвестиций в исследования и разработки, инновации и образование*, следует в долгосрочной перспективе ожидать ещё большие региональные различия. Выражая проблемы с максимальным упрощением, можно достичь роста *повышения инвестиций в исследования и разработки, инновации и образование* в такой степени, которая неизбежно необходима для преодоления возрастающего тренда недостатка инноваций в рамках регионов и провинциальных кластеров, только на базе существенного увеличения экспорта ключевых отраслей отечественного происхождения.

Модернизация технологии может внести свой вклад в повышение доходов. Однако это должна быть технология с высокой трудоёмкостью. До сих пор всё ещё имеется, для наших условий, слишком много недостаточно используемой рабочей силы, для которой единственным местом, куда уйти, являются обычные периферии больших городов, где, однако, рабочая сила используется в прямой взаимосвязи с продукцией на экспорт. В течение следующих 15 - 20 лет будет продлеваться продуктивный возраст, независимо от того, как будет развиваться рождаемость. Трансфер техники и технологии в промышленность и, в частности, создание крупной промышленности, в общем выполнимо – хотя и, по правде сказать, за цену сохранения анклавной экономики и создания промышленных зон или индустриальных парков и логистических центров. Этот процесс требует лишь минимальных изменений в традиционной социальной и по-

литической среде менее развитых регионов и провинциальных кластеров и минимального расширения квалификации в рабочую область. Он избегает прямой конфронтации с институциональными и позиционными препятствиями, которые консервируют недостаточную экономическую динамику и низкий уровень использования рабочих сил. Наоборот, попытка повышения урожайности сельского хозяйства посредством внедрения модернизированной, даже высоко трудоёмкой техники, всегда натолкнётся на общее состояние жизни провинциальных обществ.

Земледелие в новых группировках бывших земледельческих кооперативов или хозяйств уже не считается трудоёмким, что исходило из недооцениваемого способа социалистического хозяйствования на селе. Это было хозяйствование, которое было экстенсивным. Правда, здесь остался целый ряд рабочих сил из области цыганской национальности и с недостаточно развитыми знаниями. Большинство этих людей не работает, а те остальные, в свою очередь, работают на протяжении слишком короткой части дня, недели, месяца и года, и кроме того, значительно неэффективно. Частично это объясняют проблемы со здоровьем и недостаточное вовлечение в общественную жизнь и современный способ образования, что ведёт к дальнейшему сокращению использования рабочей силы и, тем самым, к дальнейшему уменьшению доходов.

Доходы пока повышаются путём увеличения объема производимого продукта и эффективности рабочей силы, т.е. с той технологией, которую уже упомянутые земледельческие и провинциальные общества знают и практикуют. Определённая часть почвы преобразовалась в строительные земельные участки и, таким образом, начался процесс существенного изменения вида и характера провинциальных населённых пунктов. Наряду с этим стали реализовываться проекты культивации почвы, новых и лучших шоссе и складских и торговых объектов, а также проекты, направленные на общее улучшение жизненной и рабочей среды на селе. Памятники природы и культуры, включая церковные объекты, которые долго были в стороне от внимания общественности и общественного интереса, стали преобразовываться, наряду с туристическими и велосипедными тропами, в популярные места отдыха и общественного интереса. Наиболее важно изменить «отношение между человеком и природой». Создаются возможности и okazji, чтобы гражданин работал больше, с большим энтузиазмом и эффективнее, чтобы всё, чем он владеет, т.е., в первую очередь, собственную рабочую силу инвестировал в своё «предпринимательство».

Таким образом, мы стоим перед следующей проблемой диспаритетов, на сей раз внутри регионов. Фактом является то, что кроме нескольких исключений и в значительной степени независимо от территориального покрытия, эти регионы управляются лидерами циклических выборов, т.е. элитой избираемых представителей различного состава. В некоторых регионах, однако, ни в коем случае не во всех, элита уделяет определённое внимание «образованным» средним слоям, а иногда и организованным рабочим в транспорте и крупной промышленности, которые затем становятся привилегированной аристократией трудящихся (связанной с профсоюзами). Практически во всех менее развитых регионах и провинциальных населённых пунктах эта правящая элита, в общем, выражается в пользу большего равенства и, в особенности, улучшения жизненного уровня и инфраструктурной обслуживаемости. Тем не менее, в большинстве этих территорий отстающих регионов реальное развитие обуславливает ещё большее неравенств. Плоды всего развития пожинают верхние слои, в то время как

нижние слои существенного улучшения не дождутся, а фактически на них часто ложится даже ухудшение условий жизни и труда (см. территории после наводнений, лесное хозяйство, общественные, часто и нелегальные, свалки и территории, где угрожает разработка открытых карьеров). Эта тенденция недавно была усилена комбинированными воздействиями инвестиций в энергетические установки, строительство коммуникаций и автострад, общей региональной и, в особенности, транспортной политикой государства в области грузового транспорта.

Неизбежность решений в области региональных различий (диспаритетов) в прямой взаимосвязи с обществом знаний и экономикой знаний в этой части подчёркивается, так как все они необходимы для осуществления тех принципиальных изменений общества, которые создают необходимые предпосылки стремлений лучшего использования рабочей силы и которые откроют путь к эффективному внедрению инноваций для её использования в современной технике, информационных технологиях, имплементации новых технологий и т.п.

Недавний финансовый кризис стал ускорителем процесса, обнажившего слабые места многих налаженных туристических центров в выбранных регионах ЧР. В рамках глобального рынка туризма Центральной Европы отсутствует достаточная конкурентоспособность в новых формах туристического спроса, которая во всё большей степени зависит от интернета, небольших транспортных самолётов и новых форм зарубежного туризма. Конкурентоспособность туристических центров зависит не только от качества их первичных туристических продуктов, но и от качества их вторичных продуктов, от их имиджа и от их внешней и внутренней доступности. Особенно внешняя и внутренняя доступность центров подтверждает их важность с точки зрения спроса. Доступность мест зависит не только от (физической) инфраструктуры, такой как аэропорты, сети высокоскоростных поездов, автостреды и порты для судов, но также от нематериальной инфраструктуры и от организационной ёмкости центров. Использование интерактивных указательных знаков (ICT) и инфраструктурная взаимосвязь всё больше определяют внешнюю и внутреннюю доступность центров и, следовательно, их конкурентоспособность. Эта совокупность должна ближе объяснить роль внешней и внутренней конкурентоспособности целевых пунктов отдельных регионов в ЧР. Кроме того, она будет идентифицировать и анализировать существующие, а также новые решения с учётом региональной доступности туристических центров, с целью повышения их конкурентоспособности в регионах ЧР. Это анализ 6 условий конкурентоспособного туризма:

- соотношения между доступностью центров и их привлекательностью;
- менеджмента туризма с точки зрения доступности регионов и их центров (использование карт, системы резервирования и т.д.), включая привлечение (финансирование) частного сектора в инфраструктуру;
- современных приложений и имплементации ICT в области регионального туризма;
- других возможностей, которые обеспечат более высокую посещаемость, исходя из транспортной инфраструктуры (аэропорт, местный и частный транспорт);
- интеллигентные системы туристических указательных знаков;
- использование туристического транспорта типа хауз-ботов (house-boat) и велосипедов для посещаемости, особенно городских и провинциальных туристических населённых пунктов.

**2.1. Структура населённых пунктов и доступность квартир в рамках регионов.** Физическая доступность жилья решалась в исследовании, как одна «сторона монеты» общей доступности жилья, включающая в себя доступность физическую и финансовую. Вопросы физической доступности жилья – как этого требовал проект – представляют новый взгляд на обширную и сложную проблематику жилья. Причины очевидны в предыдущем развитии проблематики жилья. В период планового управления хозяйством жильё и жилищное строительство, что касается объёма и размещения, управлялись директивно, по существу, по «карточной» системе т.н. комплексного жилищного строительства (КЖС), причём как в секторе государственной собственности (включая квартиры предприятий), так и в определённой степени также в секторе кооперативной собственности. После изменения политических и экономических отношений в 90-е годы, однако, ещё затухала система КЖС – государственная собственность квартир переходила в коммунальную собственность, и начали применяться рыночные принципы (несколько ограниченные регулированием цен и квартплат). После, по-видимому, неизбежного упрощения роли рыночного механизма в области жилья в начальной фазе экономической трансформации, сегодня наступает более сбалансированное понимание в рамках необходимости устойчивого развития. Это значит, что даже при благоприятных условиях финансовой доступности самых разных форм жилья, вступают в игру с одной стороны побуждения, с другой стороны – ограничения или лимиты, связанные с физической доступностью (то есть, фактическим существованием квартир подходящего типа в подходящих местах), и регионально дифференцированные социально-географические условия.

Физическая доступность жилья была в настоящем исследовании принята, как *множество существующих квартир (в их структуре в зависимости от размера, возраста и т.п.) в отношении к количеству жителей и домохозяйств на ограниченной территории*, (в определённом смысле можно физическую доступность жилья интерпретировать, как обеспеченность населения жилищным фондом на определённой территории – сколько и каких квартир имеется в распоряжении).

Прилагательное «физическая» в связи с «физической доступностью» выражает материальное существование квартир, подразделенных согласно разным типологическим критериям (тип дома с квартирами – квартирный дом, семейный дом, количество комнат, жилая площадь и т.п.), существительное «доступность» выражает достижимость, возможность реализации квартирной потребности в существующей совокупности квартир, но ни в коем случае не пространственную доступность (расстояние). Пространственный аспект частично содержится в физической доступности, однако для заданной территориальной единицы – территория края – в большинстве случаев исключается.

Следующей целью анализа физической доступности жилья было *развитие и состав жилищного строительства* в целой ЧР и в отдельных регионах в период 1990 – 2006 гг., а также *развитие в области модернизации (реконструкции) существующего квартирного фонда* в отдельных регионах в период 1990 – 2006 гг. (см. рис. 2).

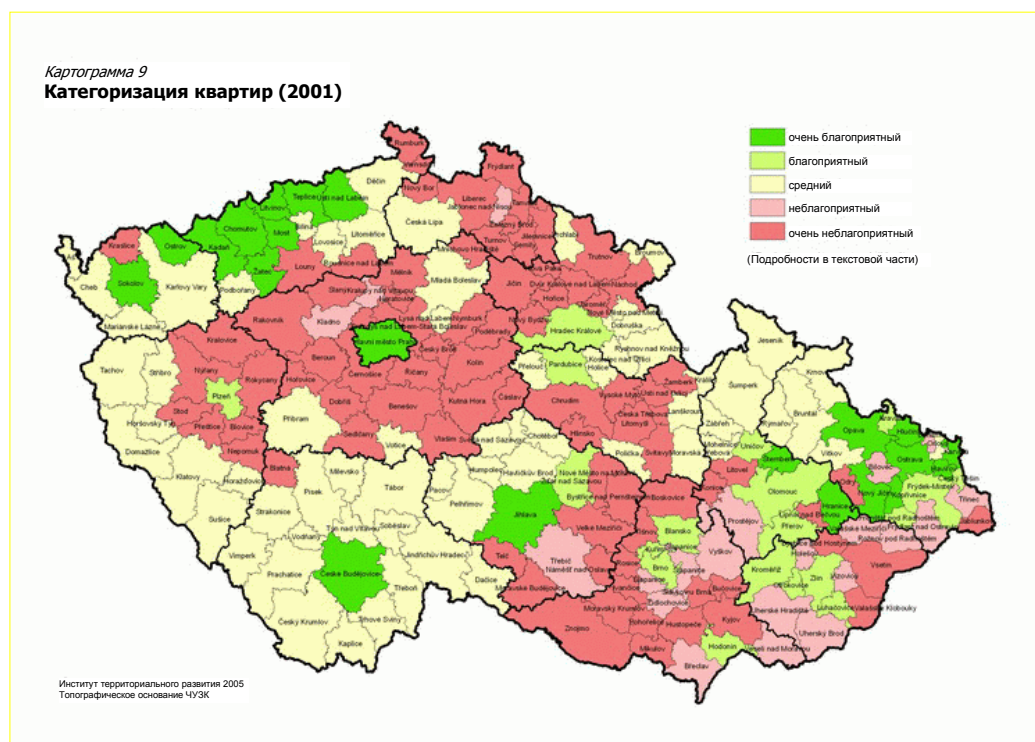


Рисунок 2 – Категоризация квартир в 2001 году в ЧР

Выше среднего уровня оснащённости во всех категориях размеров населённых пунктов были в 2001 году следующие края: Южно-Чешский, Пльзеньский, Устецкий и Высочина. Ниже среднего уровня в категории с 5 000 – 9 999 жителей оказались края Центрально-Чешский, Либерецкий, Южно-Моравский, Злинский и Моравско-Силезский. Больше всего на позицию края в области квартирной обеспеченности, конечно, влияет обеспеченность в категории городов с 10 000 и более жителей. Здесь ниже среднего уровня в ЧР оказались края: Карловарский, Краловеградецкий, Пардубицкий, Центрально-Чешский, в меньшей степени также края Южно-Моравский и Злинский.

Исходную, обобщённую характеристику, исходя из показателей обеспеченности домохозяйств и жителей квартирами, можно на этом завершить. Её значение для анализа (подробного) отдельных факторов, влияющих по-разному на результирующую обеспеченность, состоит в том, что она послужит в качестве определённого эталона при их оценке за период 1991-2001 (табл.1), а затем и для периодов 2001-2006 и 2001-2010.

В отдельных краях следует исходить из потребности жилья во взаимосвязи с развитием числа и состава переписных домохозяйств, т.е. из динамики роста числа домохозяйств и динамики уменьшения размера домохозяйств. Обе эти тенденции развития влияют на повышение спроса на квартиры.

Развитие числа жителей (прирост) за период 2001-2006 гг. и, следовательно, отражение этого процесса в домохозяйствах означает, по сравнению с периодом 1991-2001 гг., перелом в ст.г. Праге и особенно в Центрально-Чешском крае. В этих краях в периоды 2001-2006 гг. и 2001-2010 гг. будет действительна другая тенденция, тенденция роста. Об этом свидетельствует также высокое число домохозяйств отдельных лиц в ст.г. Праге уже в 2001 г. Доли домохозяйств отдельных лиц были выше среднего уровня в 2001 году также в краях Карловарском, Устецком и Либерецком. Однако здесь опять может сыграть значительную роль локализация иммиграционных приростов в период после 2001 года.



Таблица 1 – Число постоянно заселенных квартир на 100 переписных домохозяйств по группам населённых пунктов по величине и по краям 2001 г.

ЧР, край	Группа населённых пунктов по величине			
	до 2 000	2 001 - 4 999	5 000 - 9 999	10 000 и более
Столичный г. Прага	86,5	87,9	85,8	91
Центрально-Чешский	88	88,8	89,7	90,3
Южно-Чешский	89,5	90,3	91,8	91,1
Пльзеньский	88,5	90,9	90,6	90,9
Карловарский	84,1	88	89	88,7
Устецкий	88	88,5	91,2	91,4
Либерецкий	87,6	89,8	88,7	90,3
Кралоупеградецкий	88,9	89,4	90,8	89,9
Пардубицкий	88,4	89,6	90,3	90,2
Высочина	89,3	91,3	90,5	91,1
Южно-Моравский	87	87,1	88,7	90,6
Оломоуцкий	88,3	87,5	91,4	91,1
Злинский	85,9	87,7	89	90,6
Моравско-Силезский	87,2	88,2	83,4	90,8
<b>Чешская республика</b>	<b>87,9</b>	<b>88,7</b>	<b>90,1</b>	<b>90,7</b>

Анализ числа жителей и числа домохозяйств с точки зрения влияния на развитие жилья (т.е. возможные большие различия в межкраевом сравнении, вплоть до потенциальных региональных диспаритетов) следует завершить характеристикой по группам населённых пунктов по величине.

Из анализа следует, что в период 1991-2001 гг. возросла доля жителей в населённых пунктах до 2 000 жителей во всех краях, за исключением краёв Южно-Чешского и Высочина. Только в крае Высочина возросло число жителей в городах с 10 тысячами и более жителей. Высокие числа и доли жителей и домохозяйств в городах с 10 тыс. и более жителей остаются и в 2001 году в Моравско-Силезском, Устецком и Карловарском краях, а также, разумеется, на территории ст.г. Прага. В краях с высокой долей жителей и домохозяйств в населённых пунктах до 2 000 жителей развитие жилья было долгосрочно более медленным. Это не значит, что в течение короткого периода относительное перемещение части жителей и домохозяйств в провинциальные районы краёв не обосновано, например, в рамках использования резерва незаселённых квартир, которые, как последует из дальнейшего анализа, здесь находятся в большей мере.

Существенным фактором, влияющим на протяжении относительно короткого периода времени на развитие жилья, а также на межрегиональные различия в области жилья, является *миграционный фактор*. Он проявляется в росте или уменьшении числа жителей по сальдо переселения жителей. Это происходит в заметной степени и на уровне краёв. В естественном обмене жителей, который имеет долгосрочный, лишь медленно меняющийся характер изменений, однако, и так зафиксирована значительная территориальная дифференциация. Территории с балансными убылями по естественному обмену жителей образуют крупные сплошные области в Чехии, меньшие – на Мораве.

**3. Что дальше после кризиса в области экономики знаний в ЧР.** В ЧР в 2009 году произошло заметное понижение производительности труда, которая ещё до кризиса в ЕС была ниже средней [15]. Это развитие показывает, что если в следующие годы

ЧР намеревается приблизиться к среднему экономическому уровню ЕС, то должны быть созданы условия, которые позволят фирмам противостоять конкуренции внутри и вне внутреннего рынка ЕС. Определение OECD, касающееся национальной конкурентоспособности, реагирует на изменения мировой экономики в открытой конкуренции, в целом внутреннем рынке ЕС, и с этой точки зрения задаёт направление, которое должно было бы помочь вновь обрести позицию: *«конкурентоспособность определена способностью производить товары и услуги, которые устоят в испытании международной конкуренции, и в то же время способностью поддерживать или повышать реальный ВВП»*. Целью этого выступления должно было бы быть определение сильных и слабых сторон конкурентоспособности ЧР и определение необходимых условий для улучшения регионального развития по сравнению с настоящей неудовлетворительной ситуацией. Самый большой потенциал для улучшения имеется в тех областях, где в этом сравнении ЧР, как таковая, заняла самые низкие места. Факторы конкурентоспособности 11 отдельных разделов согласно М. Портеру имеют разное значение для экономики, в зависимости от фазы экономического развития, и должны были бы стать содержанием развития экономики знаний. ЧР относится к экономикам, движимым инновациями, однако, в то же время, она отстаёт по некоторым необходимым предпосылкам этой фазы, причём, прежде всего вследствие диспаритетов в этом развитии в целой национальной экономике знаний. Здесь подчёркивается, в первую очередь, уровень предпринимательской и инвестиционной среды наряду с потенциалом для инноваций. В этих областях ЧР имеет значительные резервы, и особенно предпринимательская среда относится на протяжении длительного периода к самым слабым звеньям оценки ЧР. Это касается не только вступления в предпринимательство, ежегодно предпринимателей нагружают множеством административных обязанностей, которые отнимают у них время и желание предпринимать и развивать качество собственного производства или предоставляемых услуг. Основным девизом для коммуникации с предпринимателями должна была бы быть эффективность.

Наука и исследования поддерживают образованность общества и экономическую успешность только в том случае, если имеют ясные целенаправленные и эффективно установленные мосты к:

- инновациям,
- к использованию на практике новых знаний,
- и широкому общественному восприятию новых знаний в профессиональном и практическом поведении людей.

В ЧР имеется недостаточная взаимосвязь науки и исследований с частным капиталом. Поддержка сосредотачивается на фундаментальные исследования, и отсутствует трансфер в экономически приемлемые приложения. Это критическое замечание касается, в особенности, собственно инвестиционной среды.

**4. Роль инвестиций и образования.** Инвестиция в целенаправленное образование является для учащихся организаций инвестицией в собственное будущее. Попробуем это утверждение ближе специфицировать [18]:

- организация знаний создаёт возможности и стимулирует всех своих сотрудников во всех должностях, чтобы они планировали свой человеческий потенциал;
- вдохновляет и мотивирует работников к корпоративному видению будущего;

- интегрирует работу и обучение, побуждает всех работников к стремлению к качеству и совершенству и к неустанному улучшению (это собственно функциональное образование);

- из процесса преподавания и обучения становится процесс учения – с упором на качественно высший уровень мастерства в области обработки информации, решения проблем, коллективного освоения знаний и способностей квалификационных и социальных;

- работники имеют возможность развиваться, расширять свой кругозор, причём таким стилем, который им лучше всего подходит;

- используются современные информационные технологии, эффективные формы и методы образования, включая заочное образование и e-learning;

- организация не может замыкаться сама в себя, но должна проактивно реагировать на широкие потребности своего окружения и общества;

- учение в этой среде, ищет свою инновационную, творческую, динамическую и постоянную базу;

- спиральное развитие, в котором учение приносит инновации, а инновационные подходы являются постоянным побуждением к дальнейшему учению.

Инвестиционную среду можно характеризовать следующим образом [24]:

- регулирование инвестиционной среды в новых членских государствах гораздо более рестриктивное, чем в ЕС-15, или в остальных развитых экономиках (ЧР 24-я из ЕС 27);

- интенсивный прилив зарубежных инвестиций помог обеспечить чешскую экономику необходимым капиталом для трансформации хозяйства, произошло увеличение доли промышленности в ВВП;

- в истекшем году реинвестиции составляли более двух третей объёма годовых инвестиций;

- требуется приспособить систему инвестиционных побуждений потребностям инновационной экономики так, чтобы она поддерживала развитие технологически сложных и наукоёмких отраслей [16].

В настоящее время мы стоим на рубеже новой инновационной волны, которую предзнаменовала стратегия «голубого океана» создания областей, которые до сих пор не существовали, и, следовательно, их основатели вступают в новое рыночное пространство, до сих пор не подверженное влиянию жёсткой конкуренции [21]. Так, например, начиналось развитие биомедицины, нанотехнологий, нанoeлектроники, молекулярной электроники и многих других областей, о которых наши предшественники не имели даже представления. Впрочем, и простой современник-неспециалист воспринимает сведения об этих новых областях скорее как интересную фантастику, чем как жёсткую реальность, которая уже «стучит в дверь» и в течение десяти-пятнадцати лет будет существенным образом влиять на жизнь каждого из нас. По существу, у нас есть две возможности: вести себя и действовать проактивно (изменения предвидеть, следить за трендами развития и с опережением использовать вновь открывающиеся возможности), или реактивно (подождать, пока те предвидящие и более инициативные станут лидерами изменений, и создать для них какой-то «мануфактурный сервис»). Первое направление опирается о метод минимакса (с минимальными расходами достигать максимальной добавленной стоимости и прибыли), второе является методом максимина (когда с

максимальными расходами достигаем лишь минимальной добавленной стоимости). Это соответствует собственно классическому паретовскому правилу, когда 20 % фирм (в данном случае лидеров изменений) достигает 80 % прибыли, против 80 % фирм (которые ведут себя реактивно), собирающих остатки 20 % прибыли [21].

**Заключение.** При более глубоком сравнении заданных предпосылок предлагается, что модифицированная методика [18] на область экономики знаний и инновации регионального развития представляет полученную среду для ожидаемых результатов по следующим причинам:

- поддержка постоянного и итеративного характера экономики знаний и инновации регионального развития (экономика знаний основана на попытках и ошибках и работает только благодаря процессу учения);
- сосредоточение на целую программу экономики знаний и инновации регионального развития «с начала до конца» – от стратегии до содержания;
- поддерживает специфическую задачу регионального развития на основе экономики знаний и инновации; это улучшение деятельности регионального кластера путём имплементации экономики знаний и инновации;
- отражает эмергентный и недетерминистический характер регионального кластера;
- учитывает социальные и организационные аспекты задач и решений экономики знаний и инновации регионального развития;
- многократно применима;
- гибкая, так что её можно использовать в сочетании с разными инструментами и техниками;
- создаст чёткое предписание по применению инструментов и техник, не имеющих происхождения в региональной среде;
- независимая от исполнителей, решений, инструментов и методов;
- позволяет измерять результаты и пользу, причём как на уровне экономики знаний и инновации, так и на уровне метрик регионального развития и кластера;
- совместима с большим множеством метрик региональной продуктивности и схем измерений, таких как, например, BSC [13], чтобы было можно выразить результаты экономики знаний и инновации регионального развития на основе применяемых метрик кластеров.

Если мы хотим, чтобы экономическая продуктивность ЧР продвигалась как можно быстрее в направлении к продуктивности стран Западной или Северной Европы, то будет необходимо пересмотреть функционирование управленческого аппарата в целом обществе, т.е. и в рамках общественного и регионального развития [30], т.е. повысить требования к качеству, низкий уровень которого общественность совершенно непонятно легко допускает тем, что недостаточно обеспечена источниками экономики знаний, сведениями о значении инноваций и фактической сущности регионального развития. Это, в особенности:

- экономический потенциал ЧР расплачивается за плохое и неэффективное взаимодействие между частной и общественной сферами;
- неблагоприятное демографическое развитие продолжает обострять проблемы социальной, здравоохранительной и пенсионной систем;

- мы не можем рассчитывать на массивную поддержку из структурных фондов ЕС после 2013 года;

- привлекательность нашей инвестиционной среды не гарантирована;
- реформы в обязательной области бюджета ЧР недостаточны. Необходимо создать такие условия для развития экономики знаний и инновации регионального развития, чтобы ЧР могла быть успешной в глобальной конкуренции [11].

Эти недостатки касаются, в особенности, низкой транспарентности и эффективности публичной администрации, недостаточной принудительности ответственности органов общественной власти в области общественных заказов и низкой востребованности права, вытекающей, в общем, из средней продолжительности судебных процедур. Для укрепления рамок управления конкурентоспособности требуется следующее:

- для старта частного сектора в области науки и исследований было бы желательно для управления инноваций в ЧР применить государственные расходы в качестве катализатора пуска этого принципиального средства конкурентоспособности в нашей среде в соотношении 20 % государство и 80 % частный сектор (это модель в северных государствах, которые в области управления инноваций относятся к наиболее успешным в Европе) [11];

- секторы экономики, на которых ЧР преимущественно основывала бы свою конкурентоспособность, должны быть поставлены возле избранных отраслей, а также состоятельности, экспортной способности, меньшей склонности к цикличности, прежде всего, на инновациях, которые подтверждают свою долговременную конкурентоспособность (финская модель аппликует 50 % ресурсов на избранные отрасли, 50 % – на другие отрасли, соответствующие требуемым параметрам) [16];

- предпочтительные секторы, которые должны были бы выполнять эту положительную роль развития в рамках развития инноваций в целой ЧР, должны были бы иметь мультипликационный эффект и предоставлять вводы для ряда других отраслей, что может существенно повлиять на потенциал роста всей экономики. С этой точки зрения следует рассматривать и *территориальные результаты* экономики знаний и инновации;

- область публичной администрации необходима для улучшения регионального развития, несмотря на то, что она до сих пор достаточно не реформировалась, благодаря чему модернизировала бы её управление. Недостаточное качество публичной администрации является причиной низкой оценки важности инноваций, в особенности в области экономики знаний в современном новом феномене конкурентоспособности государств и *регионов*;

- область просвещения показывает, что бакалаврские учебные программы не предоставляют полноценную подготовку, которая давала бы студентам возможность реализации по специальности. Имеются оценки, которые эту ступень высшего образования считают завершением средней ступени образования;

- исследовательские учреждения должны формулировать свой вклад, как службу (см. модель Портера), т.е. что они станут субподрядчиками сферы интересов, которая имела бы возможность выбора этих учреждений на основе достоверного сотрудничества, компетенций и способностей с региональной средой.

В какой степени всё это является результатом нашей всё возрастающей моральной бесчувственности? Остудились наши чувства человеческого сочувствия, и поэтому

мы более склонны к оппортунистской беспристрастности? Если да, то это частично объясняет хладнокровие, с которым мы смотрим на проблемы слабых регионов и до сих пор запущенных домохозяйств и домов в провинциальных населённых пунктах, гетто цыганского населения, странные приюты бездомных, потерпевших после наводнений или других стихийных бедствий и, наконец, и на финансовый кризис. Как институтский педагог ВУЗа, который понимает развитие, как движение всей политической, социальной и экономической системы, и который пытается проблемы, в особенности в области вспомогательных процессов, анализировать в европейском масштабе, я должен был выразить своё мнение по поводу представленной шкалы условий человеческой жизни страны, которая в рамках общего ранжирования среди 28 наблюдаемых стран по 39 показателям, покрывающим область технологического развития, инноваций, науки и образования согласно IMD, занимает общее 17-е место. Фактическое состояние инновационной среды ЧР так, очевидно, лучше всего характеризуется, с учётом всех возражений к созданию международного сравнения инновационной продуктивности, приблизительно 17-20-м местом в рейтинге 33-34 наблюдаемых стран. Аналитику, наряду с теми лидерами, которые постоянно бьют тревогу по поводу нашего отставания за миром, не остаётся ничего другого, кроме как использовать сведения независимо от того, как они были получены, несмотря на то, что они не в той форме, которой пытаются достичь экономисты, которые при рассуждениях о широких вопросах к ним часто подходят посредством сужения исследовательского плана. Однако это ведёт только к тому, что анализ потом менее релевантный, адекватный и реалистический. В этой работе было доказано, что регионы, в данном случае края, можно в общем хорошо отличить, а с точки зрения возникновения или углубления региональных различий в физической доступности жилья, достаточно достоверно определить размеры и степень существующих или вновь возникающих диспаритетов, в меньшей степени – причины этих неполадок. К этому будет можно приступить лишь на уровне анализа взаимосвязей между меньшими территориальными единицами. Однако и там имеется недостаток систематически контролируемых данных, и в настоящее время он должен заменяться эквивалентными источниками, как правило, мониторингами и квалифицированными оценками. Особенно, когда предметом анализа являются бурные события сегодняшнего мира. Однако и прошлое нас может научить, например, в Новом завете, в Евангелии св. Луки, гл. 12, 13-20:

Потом сказал им притчу: Некто из народа сказал Ему: *«Учитель! скажи брату моему, чтобы он разделил со мною наследство»*. Он же сказал человеку тому: *«Кто поставил Меня судить или делить вас?»* При этом сказал им: *«Смотрите, берегитесь любостяжания, ибо жизнь человека не зависит от изобилия его имени!»* И сказал им притчу: *«У одного богатого человека был хороший урожай в поле. И он рассуждал сам с собою: «Что мне делать? некуда мне собрать плодов моих?»* И сказал: *«Вот что сделаю: сломаю житницы мои и построю большие, и соберу туда весь хлеб мой и всё добро моё. И скажу душе моей: «Душа! Много добра лежит у тебя на многие годы. Покойся, ешь, пей, веселись»*. Но Бог сказал ему: *«Безумный! В сию ночь душу твою возьмут у тебя. Кому же достанется то, что ты заготовил?»* Так бывает с тем, кто собирает сокровища для себя, а не в Бога богатеет.

Статья была разработана в рамках решения проекта Исследовательской программы «WD – ИССЛЕДОВАНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ

ДИСПАРИТЕТОВ» Министерства местного развития Чешской республики на 2007 – 2011 годы, / Региональные различия в доступности жилья, их социально-экономические последствия и предложения мероприятий по сокращению региональных различий.

#### Библиографический список

1. Arrow, K. J. (1972): *Společenský výběr a individuální hodnoty*. Nakladatelství Svoboda, Praha, 1972. Arrow, K. Дж. (1972): *Общественный выбор и индивидуальные ценности*. Издательство «Свобода», Прага, 1972.
2. Baldwin, R., Wyplosz, Ch. (2008): *Ekonomie evropské integrace*. Grada Publishing a.s., 2008. Балдвин, Р., Выплош, Х. (2008): *Экономия европейской интеграции*. «Града Пабблишинг а.с.», 2008.
3. Blažek, J., Uhlíř, D. (2002): *Teorie regionálního rozvoje – nástin, kritika, klasifikace*. Nakladatelství Karolinum, 2002. Блажек, Й., Углирж, Д. (2002): *Теория регионального развития – набросок, критика, классификация*. Издательство «Каролинум», 2002.
4. Blažek, L. (2002): *Intelektuální kapitál – faktor efektivity podniku*. Zborník z medzinárodnej konferencie Ekonomika firiem 2002, EU v Bratislavě, PHF Košice, Košice, 11. – 12. 9. 2002, s. 39. Блажек, Л. (2002): *Интеллектуальный капитал – фактор эффективности предприятия*. Сборник международной конференции «Экономика фирм 2002», ЕС в Братиславе, PHF Кошице, Кошице, 11–12. 9. 2002, с. 39.
5. Bureš, V. (2007): *Znalostní management a proces jeho zavádění*. Grada Publishing, a.s., 2007, s. 99-189. Буреш, В. (2007): *Менеджмент знаний и процесс его внедрения*. «Града Пабблишинг а.с.», 2007, с. 99-189.
6. Drucker, P.F. (2004): *Fungující společnost* Vybrané eseje o společenství, společnosti a politickém systému. Management Press, Praha 2004 Дрюкер, П.Ф. (2004): *Функционирующее общество*. Избранные очерки об обществе, компании и политической системе. «Менеджмент Пресс», Прага, 2004.
7. Hamer, M., Champy, J. (1995): *Reengineering. Radikální proměna firmy. Manifest revoluce v podnikání*. Management Press, Praha 1995. Хамер, М., Чампи, Дж. (1995): *Реинжиниринг. Радикальное преобразование фирмы. Манифест революции в предпринимательстве*. «Менеджмент Пресс», Прага, 1995.
8. Hammel, G. (2008): *Agenda 21. Co musí každý podnik udělat pro úspěch v 21. století*. Management Press Praha 2008. Хамель, Г. (2008): *Агенда 21. Что должно сделать каждое предприятие для успеха в 21-м веке*. «Менеджмент Пресс», Прага, 2008.
9. Hujňák, P. (2003): *Znalosti v akci – přínosy managementu znalostí pro řízení podniků*. Systémová integrace Praha 2003. Гуйняк, П. (2003): *Знания в действии – польза менеджмента знаний для управления предприятиями*. «Системная интеграция», Прага, 2003.
10. Jayaratna, N. (1994): *Understanding and Evaluating Methodologies – NIMSAD A Systematic Framework*, McGraww-Hill, London, 1994. Джаяратна, Н. (1994): *Методы понимания и оценки – NIMSAD A Systematic Framework*, McGraww-Hill, London, 1994.

11. Jirásek, J. (2002): *Konkurenčnost, Vítězství a porážky na kolbišti trhu*. Professional Publishing Praha, 2002. Йирасек, Й. (2002): *Конкурентоспособность, Победы и поражения на поле боя рынка*. «Профессионал Паблишинг», Прага, 2002.
12. Jirásek, J. (2008): *Management budoucnosti /řízení z prvního sledu*. Professional Publishing Praha, 2008. Йирасек, Й. 2008: *Менеджмент будущего /управление из первой очереди*. «Профессионал Паблишинг», Прага, 2008.
13. Kaplan, R. S., Norton, D. P. (2003): *Balanced Scorecard*. Strategický systém měření výkonnosti podniku. Management Press, Praha 2003. Каплан, Р. С., Нортон, Д. П. (2003): *Balanced Scorecard*. Стратегическая система измерения продуктивности предприятия. «Менеджмент Пресс», Прага, 2003.
14. Kislingerova, E. et al. (2008): *Inovace nástrojů a ekonomiky a managementu organizací*. C.H.Beck v Praze 2008. Кислингерова, Э. и колл. (2008): *Инновация инструментов и экономики и менеджмента организаций*. C.H.Beck в Праге, 2008.
15. Klváčová, E., Mráček, K., Malý, J., Wawrosz, P., Sereghyová, J. (2009): *Světová ekonomická krize: Příčiny, projevy, perspektivy*. Professional Publishing, Praha 2009. Клвачова, Э., Мрачек, К., Малы, Й., Ваврош, П., Серегиова, Й. (2009): *Мировой экономический кризис: Причины, проявления, перспективы*. «Профессионал Паблишинг», Прага, 2009.
16. Klváčová, E., Malý, J., Mráček, K. (2007): *Základy evropské konkurenceschopnosti*. Professional Publishing Praha 2007. Клвачова, Э., Малы, Й., Мрачек, К. (2007): *Основы европейской конкурентоспособности*. «Профессионал Паблишинг», Прага, 2007.
17. Kotter, J. P. (2000): *Vedení procesu změny*. Osm kroků úspěšné transformace podniku v turbulentní ekonomice. Management Press, Praha 2000. Коттер, Дж. П. (2000): *Ведение процесса изменения*. Восемь шагов успешной трансформации предприятия в турбулентной экономике. «Менеджмент Пресс», Прага, 2000.
18. McElroy, M. (2002): *The New Knowledge Management: Complexity, Learning and Sustainable Innovation*, Battenworth-Heinemann, 2002.
19. Pitra, Zb. (2006): *Management inovačních aktivit*. Professional Publishing, Praha 2006, str. 233 – 294. Питра, Зб. (2006): *Менеджмент инновационных действий*. «Профессионал Паблишинг», Прага, 2006, стр. 233–294.
20. Porter, M. E. (1994): *Konkurenční výhoda*. Victoria Publishing, Praha 1994. Портер, М. Е. (1994): *Конкурентная выгода*. «Виктория Паблишинг», Прага, 1994.
21. Porvazník, J. (2008): *Spoločenská zodpovednosť organizácií – Corporate Social Responsibility, študijné texty*. Vydavateľstvo Ekonom 2008. Провазник, Я. (2008): *Общественная ответственность организаций – «Корпорэйт Соушэл», 2008. Ответственность, учебные тексты*. Издательство «Эконом», 2008.
22. Petráčková, V., Krause, J a kol. (2001). *Akademický slovník cizích slov*. Academia Praha, 1. vyd. ISBN 80-200-0982-5. Петрачкова, В., Краусе, Я и колл. (2001). *Академический словарь иностранных слов*. «Академия», Прага, 1. изд. ISBN 80-200-0982-5.



23. Rumpál, P., Slach, O., Boruta, T. (2007): *Inovace v rozvoji obcí, měst a regionů s důrazem na marketingové řízení*. ISBN 80-7368-262-1. Румпал, П., Слах, О., Боруа, Т. (2007): *Инновация в развитии населённых пунктов, городов и регионов с упором на маркетинговое управление*. ISBN 80-7368-262-1.
24. Skokan, K. (2004): *Konkurenceschopnost, inovace a klastry v regionálním rozvoji*. ISBN 80-7329-059-6. Скокан, К. (2004): *Конкурентоспособность, инновации и кластеры в региональном развитии*. ISBN 80-7329-059-6.
25. Švejda, P. a kol. (2007): *Inovační podnikání. Asociace inovačního podnikání*. 2007. Tetřevová, L. a kol. (2009): *Veřejný a podnikatelský sektor*. Professional Publishing, Praha 2009. Швейда, П. и колл. (2007): *Инновационное предпринимательство*. Ассоциация инновационного предпринимательства. 2007. Тетршевова, Л. и колл. (2009): *Общественный и предпринимательский сектор*. «Профессионал Паблишинг», Прага, 2009.
26. Truneček, J. (2003): *Znalostní podnik ve znalostní společnosti*. Professional publishing, Praha 2003. Трунечек, Я. (2003): *Предприятие знаний в обществе знаний*. «Профессионал Паблишинг», Прага, 2003.
27. Vyskočil, V. K. a kol. (2010): *Management podpůrných procesů Facility management*. Professional Publishing, Praha 2010. Выхочил, В. К. и колл. (2010): *Менеджмент вспомогательных процессов Facility management*. «Профессионал Паблишинг», Прага, 2010.
28. Vyskočil, V. K. (2010): *Facility management Metoda řízení podpůrných činností*. Teze habilitační přednášky pro jednání VŘ FAST VŠB-Tu Ostrava dne 8. 10. 2010, s. 23-26, ISBN 978-80-248-2192-4. Выхочил, В. К. (2010): *Facility management Метод управления вспомогательными деятельностью*. Тезисы абилитационного доклада для заседания VŘ FAST VŠB-Tu, Острава, 8. 10. 2010, с. 23-26, ISBN 978-80-248-2192-4.
29. Wiig, K. (1993): *Knowledge Management Foundation*. Schéma Press, 1993.
30. Wokoun, R., Malinovský, J., Damborský, M., Blažek, J. et al. (2008): *Regionální rozvoj (Východiska regionálního rozvoje, regionální politika, teorie, strategie a programování)*. Linde Praha, a.s. 2008, str. 187-195. Вокоун, Р., Малиновскы, Я., Дамборскы, М., Блажек, Й. и колл. (2008): *Региональное развитие (Предпосылки регионального развития, региональная политика, теория, стратегия и программирование)*. «Линде Прага а.с.», 2008, стр. 187-195.
31. Wokoun, R. a kol. (2007): *Regionální rozvoj a jeho management v ČR*. Nakladatelství VŠE, Oeconomica 2007. Вокоун, Р. и колл. (2007): *Региональное развитие и его менеджмент в ЧР*. Издательство VŠE, «Экономика» 2007.
32. Žižlavský, O. (2009): In: *Ekonomika a management č. 4/2009: Výsledky primárního výzkumu úrovně rozvoje inovačního potenciálu výrobních podniků v Jihomoravském kraji*. FPH VŠE v Praze. Nakladatelství VŠE Oeconomica 2009. Жижлавскы, О. (2009): В: *Экономика и менеджмент № 4/2009: Результаты первичных исследований уровня развития инновационного потенциала производственных предприятий в Южно-Моравском крае*. FPH VŠE в Праге. Издательство VŠE «Экономика» 2009.

Куда Ф. (ВШБ-ТУ, Острава, Чехия)

Каха Я. (ВШБ-ТУ, Острава, Чехия)

Кудова В. (Проектирование и инжиниринг, Липник над Бечвой, Чехия)

**ФАСИЛИТИ МЕНЕДЖМЕНТ ТЕХНИЧЕСКОЙ  
ИНФРАСТРУКТУРЫ ПРЕДПРИЯТИЯ**  
**FACILITY MANAGEMENT FOR TECHNICAL  
INFRASTRUCTURE OF AN ENTERPRISE**

*The article is devoted to the role of facility management. It is shown the rising role of it is connected first of all with reducing and optimization of cost of management and maintenance of movable and real property in all market segments and urban engineering.*

**Введение.** Роль *фасилити менеджмента* (ФМ - рус. и FM – англ.) возрастает и это связано прежде всего с необходимостью снижения и оптимизации затрат, связанных с управлением и эксплуатацией движимого и недвижимого имущества во всех сегментах рынка и в городском инжиниринге. В общем ФМ можно определить как метод, применяемый в организациях согласования действий и поведения работников, производственной деятельности и рабочей среды, т.н. метод «3П» (3P), см. рис. 1.



Рисунок 1 – Синергетический эффект «3П» [2]

ФМ – это область, которая управляет вспомогательными процессами, координирует их взаимосвязи и ищет наиболее эффективную поддержку основных (производственных) деятельности. Решение направлено, прежде всего, на минимизирование расходов при сохранении качества с учётом современного и предполагаемого состояния финансов при использовании сооружений (рис.2). По содержанию это, главным образом, области, связанные с управлением и техническим обслуживанием: управление (управление проектами, управление качеством, управление рисками), финансы, человеческие ресурсы, инфраструктура и её эксплуатация, технология, службы, а также использование подходящих инструментов при помощи информационных и коммуникационных технологий. Внедрение принципов эффективного управления имеет целью повышение целесообразности предоставляемых работ и услуг, данных организацией, и повышение эффективности. Особое внимание обращается на *инфраструктурные и про-*

странственные службы, где целью является улучшение подходов в области использования сооружений.

Управлением, эксплуатацией, содержанием и возобновлением технической инфраструктуры (ТИ) становится комплексной деятельностью, основанной на рыночных отношениях. Надлежащее пользование требует ведения учёта о вмешательствах в техническое и экономическое состояние объектов ТИ. В законодательстве ЧР обязательное документирование состояния объектов завершается документацией фактического исполнения сооружения. В фазе пользования в обязательном порядке документируются только изменения, требующие оформления разрешения на постройку. Текущая оценка эксплуатации объектов ТИ, в частности, по техническим, экономическим параметрам и по параметрам, касающимся окружающей среды, является делом отдельных заведующих ТИ. Нынешнее развитие технико-экономических решений содержания и возобновления технической инфраструктуры формируется стремлением повышать преимущественно эффективность технико-экономических решений. Возникает всё большее пространство для внедрения *Facility management* (управления имуществом) в контексте расходов на протяжении жизненного цикла сооружения, пользы и соблюдения долгосрочного, устойчивого развития. Экономiku содержания инфраструктуры можно решать, как надёжность эксплуатации объектов и оборудования инфраструктуры, которая должна исходить из анализа доходов, учитывающего множество выводов системы, и анализа расходов, который решает множество необходимых вводов для их функционирования.

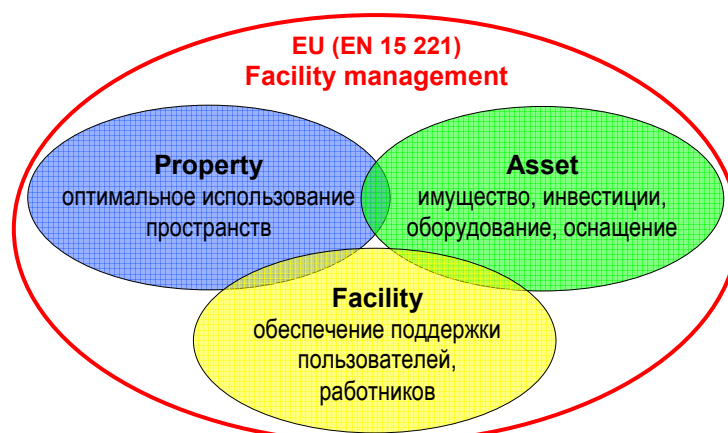


Рисунок 2 – Фасилити менеджмент в европейском контексте ČSN EN 15 221. [2]

Управление, эксплуатация, содержание и возобновление технической инфраструктуры (ТИ) становится комплексной деятельностью, основанной на рыночных отношениях. Надлежащее пользование требует ведения учёта о вмешательствах в техническое и экономическое состояние объектов ТИ. В законодательстве ЧР обязательное документирование состояния объектов завершается документацией фактического исполнения сооружения. В фазе пользования в обязательном порядке документируются только изменения, требующие оформления разрешения на постройку. Текущая оценка эксплуатации объектов ТИ, в частности, по техническим, экономическим параметрам и по параметрам, касающимся окружающей среды, является делом отдельных заведующих ТИ. Нынешнее развитие технико-экономических решений содержания и возобновления технической инфраструктуры формируется стремлением повышать преимущественно эффективность технико-экономических решений. Возникает всё большее

пространство для внедрения *фасилити менеджмента* в контексте расходов на протяжении жизненного цикла сооружения, пользы и соблюдения долгосрочного, устойчивого развития. Экономiku содержания инфраструктуры можно решать, как надёжность эксплуатации объектов и оборудования инфраструктуры, которая должна исходить из анализа доходов, учитывающего множество выводов системы, и анализа расходов, который решает множество необходимых вводов для их функционирования.

Проблематикой управления, эксплуатации, содержания и возобновления, разумеется, в настоящее время занимается много организаций и субъектов (государственных, коммунальных и частных). Однако не всегда они имеют полностью предусмотренную концепцию содержания и возобновления и соответствующие инструменты программного обеспечения. В большинстве случаев они лишь стараются соблюдать действующие правила эксплуатации в связи с содержанием объектов ТИ и решают только критические и аварийные ситуации. Если они хотя бы пытаются определить некоторую концепцию, то лишь небольшая часть доводит отдельные детали своей концепции до окончательных результатов, которые учитывают, например, риски, связанные с эксплуатацией объектов, с финансовой ситуацией эксплуатационника и т.п.

Существующий опыт свидетельствует о том, что проблематика экономики заведования имуществом была и всё ещё остаётся недооцененной и недостаточно воспринимаемой профессиональной общественностью. Большой проблемой остаётся взаимная не информированность отдельных подразделений, занимающихся заведованием и содержанием строительных объектов и прогнозированием жизненного цикла. Это представляет собой, прежде всего, технико-экономическую результирующую жизненного цикла сооружения на протяжении всего цикла. Без комплексного подхода стремление продлить срок службы и сократить будущие расходы объектов и оборудования ТИ останется всего лишь мечтой.

Необходимо заниматься сравнением применяемых критериев решений, исходящих из хозяйствования вверенным имуществом, с точки зрения краткосрочных, среднесрочных или долгосрочных планов, путём учёта исходного состояния ТИ и технико-экономического прогноза на будущее. Аналитические расчёты помогают создать, квантифицировать и стандартизировать весь процесс. Во всех критериях это расходы, составляющие основной лимит калькуляции. Цель всех применяемых в настоящее время решений – рассчитать расходы на весь жизненный цикл (*life cycle costs – LCC*). Его основным атрибутом является долговечность спроектированного строительного объекта.

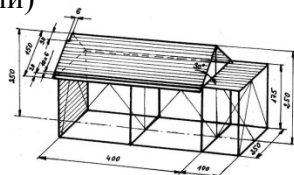
Расходы на содержание и ремонты сооружения тесно взаимосвязаны с ценой за строительство сооружения и, следовательно, с его технологическим решением. В большинстве случаев они находятся в противоположных позициях, изображённых на рис. 3.

**Инструменты для продления пользы в области технической инфраструктуры.** Полезность строительного сооружения зависит в значительной степени от долгосрочного сохранения проектируемых свойств его функциональных элементов и материалов. Помимо законных обязательств содержать сооружение в форме надлежащего техобслуживания, эта деятельность также в собственных интересах пользователя – собственника. Чтобы принятое сооружение служило для полного удовлетворения собственника и показывало параметры, данные проектной документацией, необходимо, чтобы эксплуатационник содержал и вёл документацию, связанную с заведованием, содержанием

и эксплуатации. Под соответствующей документацией в фазе пользования сооружением мы подразумеваем, в частности:

- документацию фактического исполнения сооружения;
- цифровой паспорт объектов ТИ (пространственный, строительный, технологический);
- стандартные инструкции по пользованию объектами ТИ;
- документацию по пользованию и эксплуатации ТИ (эксплуатационная документация);
- документацию стратегических целей (динамические модели и аппликационное программное обеспечение);
- ведение геоинформационных и эксплуатационно-технических информационных систем (PTIS), (инструмент для заведования инженерными сетями и их оборудованием, заведования недвижимым имуществом и интеграции данных кадастра).

Дешёвый проект  
(некачественный)



Низкие расходы  
на содержание



Качественный  
проект



Низкие расходы  
на содержание



Рисунок 3 – Расходы на содержание технической инфраструктуры предприятия

**Программная поддержка технико-документационных и производственно-технических видов деятельности предприятий в области технической инфраструктуры.** Комплексное управление и учёт имущества, рабочих процессов, требуемых ресурсов и контроль и оценка финансовых затрат в настоящее время уже почти невозможны без применения средств вычислительной техники. Современный рынок информационных систем предлагает целый ряд ИС. Порядок во всех данных о движимом и недвижимом имуществе в предприятии немислим без эффективной программной поддержки, которой должна быть, в первую очередь, комплексная и современная информационная система категории CAFM. Системы планирования и управления вспомогательных процессов (CAFM – Computer Aided Facility Management), если они вообще функционируют в группе общезаводских информационных систем, часто бывают недооцениваемыми системами. При этом именно система CAFM относится к трём ключе-

вым системам, и её месту по праву, особенно в производственных предприятиях, следовало бы уделять большее внимание и серьёзность (рис. 4).

В настоящее время менеджеры ТИ пользуются обычно несколькими информационными системами. Это, в частности, *Производственно-технические информационные системы* (PTIS) предприятий в областях водоснабжения, газоснабжения, энергетики и телекоммуникаций, которые не обойдутся без применения географической информационной системы, основой которой являются качественные исходные данные. Системы PTIS можно характеризовать, как переплетение систем CAFM и CMMS, где из систем CAFM перенимается взаимосвязь с GIS, а из CMMS перенимается система эксплуатации и содержания технологического оборудования, которая может содержаться и в системе CAFM.

Сведения об экономических делах являются содержанием экономических информационных систем (EIS). Предлагается дополнить информационную инфраструктуру поддержкой процессов *фасилити менеджмента* посредством специализированной ИС (IS CAFM), которая занималась бы вспомогательными деятельностью организации, не содержащимися в делопроизводствах PTIS и EIS. Наивысшим элементом в иерархии должны быть коммуникационные и презентационные технологии, рис. 5 (www клиент, портал), задача которых – предоставлять комплексный взгляд на предприятие посредством интеграции входных данных из всех «подчинённых» систем. Можно предполагать, что в будущем такая комплексно трактованная ИС будет дополнена и другими компонентами.

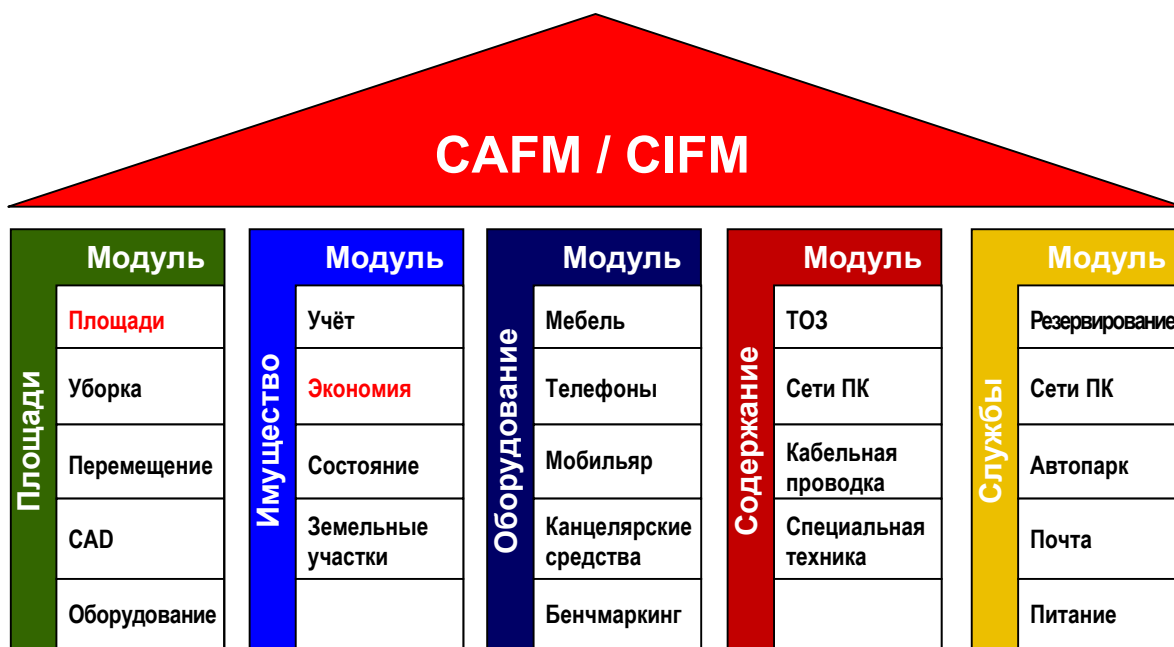


Рисунок 4 – Основные модули данных программной поддержки фасилити менеджмента [13]

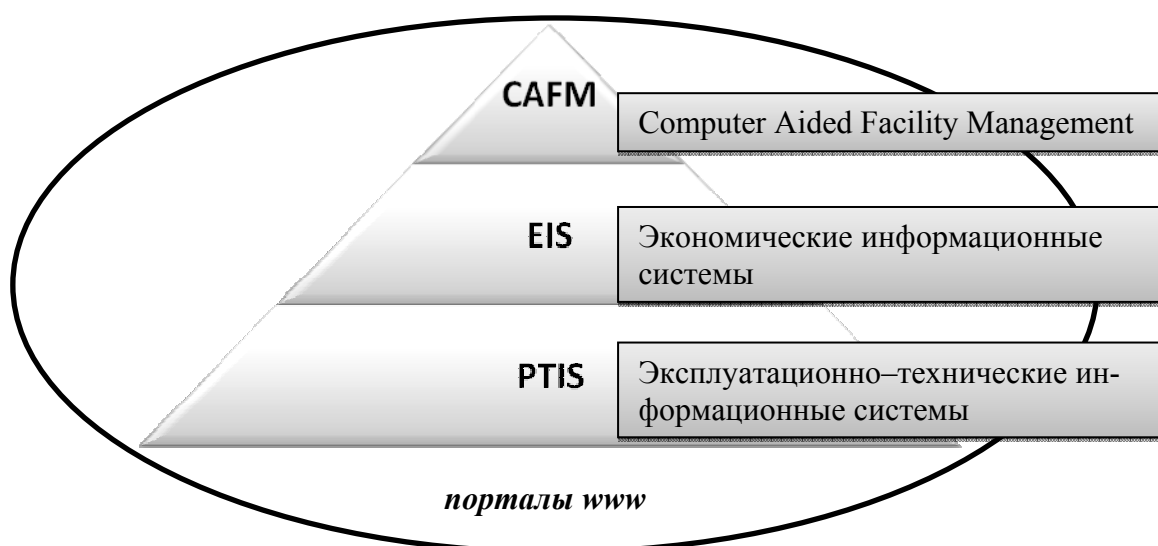


Рисунок 5 – Интеграция информационных систем

Типичными пользователями PTIS/GIS являются, главным образом, заведующие инженерными сетями и телекоммуникационные операторы. Производственно-технические информационные системы (PTIS) в настоящее время строятся на интеграции ряда систем предприятия. Их ядром бывают технологии *географических информационных систем (GIS)*, что позволяет взаимосвязанный учёт пространственных, схематических, описательных и прочих мультимедийных сведений. Они обрабатывают и предоставляют интегрированные сведения о территории интереса компании, ресурсах, сетях и заказчиках. Интеграция с системами заказчиков, финансовыми или эксплуатационными системами, с системами заведования имуществом и другими системами или задачами предлагают информационное конкурентное преимущество для быстрого и правильного принятия решений, размещения активов предприятия и доступ к сведениям, необходимым для повседневных задач эксплуатации, техобслуживания и поддержки заказчиков. Таким образом возникает единая, комплексная база данных, позволяющая выполнять широкий спектр анализов, взаимный контроль данных, планирование и т.д.

**Производственно-техническая информационная система** предоставляет сведения всем важным подразделениям компании, в том числе подразделениям технической документации, производственным подразделениям и техническому обслуживанию, диспетчерскому управлению, отделам заведования имуществом, отделам охраны и безопасности, отделам транспорта и логистики, маркетинга, PR (*Public Relations – общественная информация и реклама*), планирования и инвестиционной деятельности, государственной общественной администрации, геодезическим и проектным фирмам и управляющим коммуникаций.

Менеджеры дистрибуционных сетей ТИ используют стандартные PTIS, комплексно поддерживающие делопроизводства по заведованию имуществом, полностью обеспечивающие все деятельности, связанные с процессами заведования имуществом ТИ:

- от его учёта (паспорта объектов, площадей и технического оборудования), см. рис.6;
- через планирование и управление работами по техобслуживанию;
- контроль расходов на содержание и заведование имущества;
- отношения между подрядчиками и заказчиками;
- графические презентации данных, вплоть до оценки и оптимизации этих процессов.

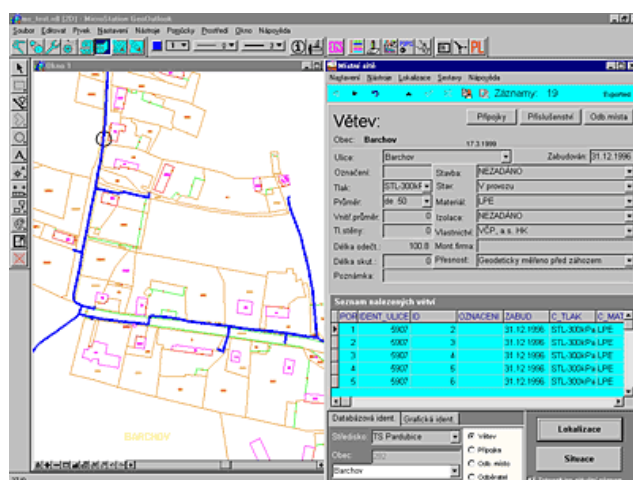


Рисунок 6 – Пример паспорта технической инфраструктуры

Поддержка основных производственных процессов (проектирование, строительство, документация, техобслуживание, диспетчеризация, финансовые расходы эксплуатации, менеджерские сведения) с использованием PTIS включает в себя, элементы, показанные на рис.7.



Рисунок 7 – Основная характеристика PTI. Примеры производственно-технического применения

Для повышения эффективности необходимо эксплуатировать системы CAFM и PTIS с аппликационным программным обеспечением в области заведования имуществом, которое занимается вопросами долговечности отдельных конструктивных элементов и последующей оптимизацией их возобновления. Для определения размера расходов на ремонт и содержание строительных объектов, которые являются существенной частью расходов жизненного цикла сооружения в Чешской республике было создано несколько моделей, например, – *Buildpass* – содержание и возобновление объектов. [1]. Этот инструмент предназначен для квалифицированного планирования возобновления и техобслуживания также подземных объектов – водопроводы, газопроводы, канализация, коллекторы. Применение *Buildpass* ориентировано, главным образом, на собственников (менеджеров) строительных объектов. Решение проекта построено на основании исходных баз данных объектов и конструктивных элементов, позволяю-



щих быстро получить результаты также пользователям, которые не являются специалистами в этой области.

**Тренды развития в области технической инфраструктуры.** В настоящее время проходит очередная волна интеграции взаимосвязей с окружающим миром. Примером может быть передача технологических данных из удалённых рабочих мест (например, источники питьевой воды) через GPRS или локализация расположения объектов (арматурные колодцы, вводы и т.п.) с применением определения координат посредством GPS. Современные эксплуатационные системы в коммунальных услугах должны уметь гибко реагировать на потребности заказчиков, и поэтому они подключаются к биржевым системам, например, на продажу электроэнергии или продажу сопутствующих услуг. Они тесно обмениваются данными в области управления отношениями с заказчиками, а также в области управления техобслуживанием с точки зрения используемости производственного оборудования. Эта интеграция применяется, в частности, при долгосрочном планировании и при подготовке производства, так как производство необходимо планировать, в частности, с точки зрения расходов на вводы и их лимитов (суточные максимумы потребления газа, собственный расход электричества).

К следующим трендам относится использование новых технологий: использование услуг мобильных операторов, интернета, новых диагностических методов, термовидения, цифровой фотографии, лазерного сканирования, 3D графики, RFID.

Изменения происходят также в самих процессах. Например, в энергетике в области управления оборудованием первоначально была внедрена модель систематического профилактического техобслуживания, когда, например, капитальные ремонты проводились в регулярных циклах, независимо от того, было ли оборудование эксплуатировано или нет. Лишь у определённых типов оборудования вёлся учёт рабочих часов. Объём профилактического техобслуживания составлял вплоть до шестидесяти процентов. Развитие прошло через стадию «ожидания неисправности» вплоть до современных методов, основанных на прогнозируемом техобслуживании. Их сущность заключается в применении диагностики и мониторинга развития технологических параметров из производства. Это может быть измерение вибраций, утечек тепла, эмиссий или статическая оценка превышения предельных значений, например, температуры и давления, и связанной с этим усталости материалов. Важную роль играют также данные, предоставляемые из химических лабораторий: анализы воды, угля, сегодня также и биомассы, масел, золы и шлака. В среде распределительных станций это могут быть пиковые токи и напряжения, число включений у выключателей, реакция защит, анализы масел в трансформаторах и т.д. Исходя из этих основных данных, затем выполняются сложные расчёты типа собственного расхода, мониторинга эффективности котлов и турбин, тепловых потерь, статической долговечности силовых приборов и защит. Естественным становится анализ неисправностей с точки зрения зарегистрированных релевантных производственных параметров и истории эксплуатации. Исходя из этих сложных данных и сведений от изготовителя, затем можно оптимизировать эксплуатацию, техническое обслуживание и замену производственного оборудования в форме прогнозируемого техобслуживания. [4]

Новые современные тренды видны и в собственно расчётах в производственной экономии. Это, главным образом, применение математических моделей отдельных производственных компонентов, благодаря чему становится возможным избежать некоторых дорогостоящих измерений или заменить значения, которые не были валидированы, значениями, предоставленными моделью. Правила эксплуатации в коммунальных услугах бы-

ли всегда на высшем уровне. Тем не менее, применение софтверных решений PTIS, а также внедрение ISO позволили лучше структурировать все управляющие документы и записи и иметь на них ссылки из разных источников (объект, проект, заказ, имущество, неисправность, ответственный работник), т.н. путём совместно используемых знаний. В настоящее время с трудом можно представить заведование и эксплуатацию сложных технологий без применения поддержки в виде производственно-технических информационных систем. Они должны поддерживать все точки зрения. К трём наиболее важным точкам зрения на эксплуатируемую технологию в утилитах относятся: точка зрения управляющего оборудованием, точка зрения эксплуатационника и коммерческо-клиентская точка зрения.

**Заключение.** Следующее направление развития ориентировано на бóльшую открытость и более простое использование информационной системы всеми сотрудниками, которые могут применить географические данные, повышая одновременно продуктивность своего труда. В распоряжении имеется решение для публикации данных в среде интранета/интернета, которое работает на базе клиент/сервер, благодаря чему существенно сокращается количество передаваемых данных, предоставляется возможность использования мобильных рабочих мест, оборудованных ноутбуками и телефонами GMS. На передний план также выходит возможность разметки точек на местности по координатам с помощью спутниковых систем GNSS. Развитие географических информационных систем продвигается к их бóльшей интеграции в базы данных и инструменты решения *Facility management* и во все деятельности отдельных заинтересованных субъектов, к взаимосвязи их делопроизводств и т.п.

Весьма целесообразным и желательным является использование всех возможностей систематически объединённой географической информационной системы для координирования заинтересованных владельцев и управляющих всех элементов в общественном пространстве для планирования развития микрорайонов (их частей), для их устойчивого развития, для нужд всех заинтересованных (и частных) субъектов. Однако в этой области пока имеется несколько препятствий или ограничений (объективных и искусственно создаваемых). Например, управляющими отдельных инженерных сетей являются частные субъекты, которые защищают свои собственные данные и т.п. Мы встречаемся также со случаями, когда данные географического характера, полученные из общественных средств, в цифровом виде предоставляются за неумеренно высокие цены. При этом расходы на передачу цифровых данных представляют лишь малую долю расходов на бумажную документацию. Отсутствует также координация при создании географических данных и методика обязательной передачи общих данных в общественных интересах.

## Библиографический список

1. BERAN, V. a kol.: Management udržitelného rozvoje životního cyklu staveb, stavebních podniků a území. Praha: ČVUT, Fakulta stavební, Katedra ekonomiky a řízení ve stavebnictví, 2005, ISBN 80-01-03380-5. (БЕРАН В. и колл.: Менеджмент устойчивого развития жизненного цикла сооружений, строительных предприятий и территорий. Прага: ЧВУТ, Строительный факультет, Кафедра экономики и управления в строительстве).
2. ČSN EN 15221-1,2 Facility management. Termíny a definice. Návod na přípravu dohod o facility managementu. Český normalizační institut, 2007. (*Facility management. Понятия и определения. Инструкция по подготовке договоров о Facility management*).

3. VYSKOČIL, V.K., ŠTRUP, O. *Podpůrné procesy a snižování nákladů (Facility management)*, Praha: Professional Publishing, 2003, ISBN 80-86419-45-2 (*ВЫСКОЧИЛ В.К. – ШТРУП О.: Сопутствующие процессы и сокращение расходов*).
4. ŠNYTA, P. Provozně technické informační systémy v utilitách společnostech, IT Systems č. 6/2007. (*ШНЫТА П.: Производственно-технические информационные системы в утилитах компаний*).
5. Macek, D. Buildpass [online]. (*Мацек Д.: Билдпасс*) Доступно на <[www.builpass.eu](http://www.builpass.eu)>.
6. Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu. (*Закон № 183/2006 Сб. «О территориальном планировании и строительном регламенте*).
7. Ústav územního rozvoje [online]. (*Институт территориального развития*) Доступно на <[portal.uur.cz](http://portal.uur.cz)>.
8. Český statistický úřad [online]. (*Чешское статистическое ведомство*) Доступно на <[www.czso.cz](http://www.czso.cz)>.
9. Ministerstvo pro místní rozvoj [online]. (*Министерство местного развития*) Доступно на <[www.mmr.cz](http://www.mmr.cz)>.
10. Jednotná digitální technická mapa Zlínského kraje [online]. (*Единая цифровая техническая карта Злинского края*). Доступно на <[www.portal.geostore.cz/jdtmzk/cz](http://portal.geostore.cz/jdtmzk/cz)>.
11. Magistrát města Jihlavy [online]. (*Магистрат города Йиглавы*) Доступно на <[www.jihlava.cz](http://www.jihlava.cz)>.
12. Portál regionálních informačních servisů [online]. (*Портал региональных информационных серверов*). Доступно на <[www.risy.cz](http://www.risy.cz)>.
13. International Facility Management Association – Czech Republic [online]. Доступно на <[www.ifma.cz](http://www.ifma.cz)>.

**Мацек Д. (ТУ в Праге, г. Прага, Чехия)**

## **ФОРМИРОВАНИЕ ПЛАНА ВОССТАНОВЛЕНИЯ И ОБСЛУЖИВАНИЯ ЗДАНИЯ PLANNING BUILDING RENOVATION AND MAINTENANCE**

*The article is devoted to effective planning building renovation and maintenance.*

Здания и сооружения находящиеся в собственности компании могут представлять собой крупные активы, которыми необходимо правильно и эффективно управлять. Речь в основном идет о качественном планировании и осуществления технического обслуживания и обновления. Речь идет не только о объектах, в которых расположены сами компании и которые создают соответствующие условия для работы сотрудников компании, но и объекты, которые служат в качестве инвестиционных возможностей.

Деятельность по восстановлению и обслуживанию объекта, относится к затратам жизненного цикла здания. Для существующих зданий, это означает поиск такого плана восстановления отдельных конструктивных элементов, который обеспечит опти-

мальное вложение финансовых средств в циклы восстановления. Правильное планирование означает снижение расхода финансовых средств с одной стороны, а с другой - поддержание стандартов использования соответствующих зданий и сооружений.

При планировании инвестиционных проектов необходимо учитывать стоимость полного жизненного цикла инвестиций, а не только первоначальные затраты. Инвестиции, необходимо оценивать с точки зрения их целого срока службы (или конкретного периода времени). При оценке вариантов могут быть выявлены случаи, когда первоначальная стоимость одного варианта ниже, чем второго, но после расчета эксплуатационных расходов и доходов и расходов на восстановление, порядок оценки может измениться. Отсюда следует, что расчет полной стоимости на период срока службы здания дает лучшую основу для принятия инвестиционных решений, чем первоначальная цена.

**Основные принципы модели восстановления конструктивных элементов.** Настоящая модель технико-экономического анализа (ТЭА) основана на принципе фиксированных алгоритмов обработки входных данных, используя опорные базы данных строительных изделий.

Модель позволяет, иметь лишь базовые или неполные данные об объекте, с разным уровнем точности и надежности, оптимизировать финансирование администрирования одного или нескольких объектов, независимо от типа, возраста и качества технического обслуживания.

Модель применима к любому объекту, к которой возможно получить к сроку завершения анализа всех необходимых исходных данных. Для базового анализа, в качестве исходных данных, достаточными являются существующие техническая и эксплуатационная документации строительства, подробный анализ, основанный на экспертных оценках физического состояния объекта, уровня цен строительных материалов и работ, с подробных экономических данных об объекте, и с профессиональной оценки актуальной ситуации на рынке недвижимости.

С вводом только необходимых данных, пользователь получает, базовый анализ, их преимуществом является быстрое и дешевое получения итоговой информации. Другие данные, которые необходимы для проведения анализа, автоматически присваиваются модели из внутренней базы данных.

При выборе более высокого уровня анализа, то есть при вводе более подробной и точной информации об объекте, полученных экспертной оценкой вводных данных, пользователь получает результаты с тем более высокой степенью надежности, чем более точными являются вводимые данные.

Основными результатами являются эти блоки информации:

- экономический баланс объекта;
- рентабельность объекта;
- потребности в инвестициях и ремонте;
- планирование и оптимизации вложенных затрат.

В принципе, затраты на анализ зависят от типа объекта и выбранного уровня точности. Основной анализ, основанный исключительно на архивных данных, требует только установления сроков от пользователя. Стоимость подробного анализа, требующих экспертных услуг в получении и оценке данных об объекте, можно ориентировоч-

но назначить в отношении к величине анализируемого объекта. Конкретную сумму расходов определяет пользователь, проводящий процесс анализа.

**Разработка справочной базы данных строительных объектов с использованием программного обеспечения.** В программном обеспечении «физически» использована одна база данных характерных представителей строительной продукции, которая естественно позволяет практическое использования одновременного ведения различные типы классификации строительных объектов. Речь идет не только о введении классификации одинакового типа с варьированием объема, но и о типологических различия в подходах в формировании шаблонов объектов. В предыдущей версии программного обеспечения был реализован доступ только для получения доступа к предложению разбивки конструктивных элементов по данным типам объектов, с помощью задания единиц измерения таких как например: высота, ширина и длина здания. Этот подход далее называется «моделью построенной на основе единиц измерения».

База данных вновь была изменена так, что она позволяет введение и других действий в модели при формировании наглядной схемы конструктивных компонентов данного объекта. В настоящее время в существующей базе данных в дополнение появилась система, учитывающая первоначальную стоимость объекта. Далее описана модель под названием - модель основанная на общей стоимости объекта. Изменчивость системы заключается в передаче данных моделей в единый информационный вид, который может быть далее обработан таким же образом, и устранить различия, которые появляются во время ввода данных. Как наилучшая система передачи был выбран перевод в финансовую стоимость для того, чтобы единицы измерения попали в описательные, или только вспомогательные плоскости. Это позволяет комбинировать различные подходы, потому что каждый конструктивный элемент должен быть рассчитан фактической ценой покупки, и уже не быть необходимым для дальнейшей калькуляции расчетов, генеративным методом необходимым для получения этого значения.

**Модель построенная на основе единиц измерения.** После выбора рассматриваемого строительного объекта и ведения его основных размерных данных, для этого объекта однозначно назначаются отдельные конструктивные элементы, из которых рассматриваемый объект был создан. Это назначение осуществляется с помощью матрицы преобразующих формул составленной для всех объектов и всех конструктивных элементов. Каждая преобразующая формула включает в себя характерные параметры размеров анализируемого объекта, и эмпирически определенный коэффициент преобразования, из которых получено количество конструктивных элементов в здании. Обобщение обращается к воображаемому объекту, который от реального анализируемого объекта отличается допустимой точностью.

Для целей ТЭА есть существующая строительная продукция разделенная на 7 диапазонов, каждый диапазон содержит детально ограниченную группу объектов. В базе данных определено в общей сложности 102 представителя строительной продукции. Каждый объект имеет четырехзначный код (первые две цифры указывают на диапазон, вторые две цифры указывает на объект) и описание.

Основным требованием для этой базы данных является установление всех конструктивных элементов, которые присутствуют в строительной продукции и их предельных сроков службы не достигающих предельного срока службы целого здания. Критерии для классификации конструктивных элементов имеют в себе определенные

функции, срок их службы и удельную стоимость реставрационных работ. Каждый конструктивный элемент имеет код и описание для большей ясности и возможности расширения базы данных другими компонентами, которыми являются конструктивные элементы, входящие в группы, имеющими в составе кода буквы и двухзначные числа, указывающие тип конструктивного элемента.

**Модель, основанная на общей стоимости объекта.** Этот метод, делает возможным, генерирование множества конструктивных элементов и их количества для данного типа объекта, только на основании общей закупочной цены объекта. Применение главным образом можно увидеть в разработке новых объектов строительства, или реконструкции возведённых в предыдущие десятилетия. Причиной является то, что цена реализации объекта должна быть выражена в текущих ценах, что для исторической застройки зачастую проблематично определить. Однако, в связи с тем, что у владельца, как правило, есть в наличии расчет фактически затраченных средств на строительство объекта или он способен простым способом дисконтировать цену объекта, такой путь является самым простым способом получить решение расчленения и объёмов конструктивных частей по всему типовому объекту.

Количеством или объёмом конструктивных элементов в этой статье показано выражение в реализуемых ценах элементов. Модель не предполагает знание единиц измерения, потому что принцип основан на процентном разделении суммарной цены реализации объекта на отдельные конструктивные элементы в соответствии с предварительно указанной процентной схемой, которая определяется соответствующим типом здания.

Наиболее подходящим был первый классификатор типовых объектов выбрана система основанная на JKSO, что является системой классификации какой-либо строительной продукции, созданной в 70-х годах 20 столетия в Чехословакии. Составляющими JKSO являются отраслевые перечни, причём основная классификация содержит 7 позиций. JKSO, была создана, для статистических целей и их кодов, используются при отслеживании ценового развития и при создании типовых моделей строительства объектов данной категории.

Вторым определённым источником параметров являются немецкие нормы DIN. Пока этот источник не был задействован в программе, потому что с учётом национальных особенностей имелись различия, которые бы в результате перевода параметров ввели в модель неточности, существенные для последующих расчетов. Здесь должен создаться алгоритм преобразования, чтобы эти неточности были устранены, и модель давала достаточно качественные результаты.

**Применение программного обеспечения.** Применение программного обеспечения «Buildpass» такое же, как и её предшественницы, созданной, чтобы помочь с веб-интерфейсом. Пользователь получает доступ после ввода своего пароля и логина, а после подключения переходит на страницу <http://www.buildpass.eu>.

Преимуществами таким способом выполненной системы является с одной стороны лёгкая дистрибуция и доступность продукта для индивидуального пользователя, с другой - лёгкая актуализация исходной базы данных сохранённой на сервере. Также дело обстоит и с пользовательским интерфейсом и добавлением других инструментов и выходящих отчётов для пользователей.

Решение проекта основано на базе программных модулей, которые выводятся из первичной системы базы данных. Базы данных создают основу, на которой самостоятельно между собой сопоставляются отдельные программные инструменты. Пользователь сам выбирает, какими областями воспользоваться и с какой детальностью при обработке параметров. Система выполнена так, что при обработке основных операций можно получить на выходе результаты и даже если бы пользователь обходился без подробных сведений о решении его объекта.

Программа получила развитие не только в области вычисления моделей, но и со стороны визуализации. Так же были добавлены инструменты, позволяющие легко обрабатывать выводы в табличной форме.

Для просмотра программы можно зарегистрироваться в системе под именем «demo» и паролем «demo». В этом режиме можно ознакомиться с созданными примерами и посмотреть все предложения и ведомости, которые включены в приложение.

**Выводы.** Применение программного обеспечения «Buildpass» является подходящим инструментом для создания плана реконструкции зданий и объектов. Программное обеспечение разработано так, чтобы при отсутствии строительной специальности, пользователь мог создать и работать с моделью, основанной на простом управлении приложением. В то же время это позволяет получить доступ специалистам к корректированию и уточнению модели управления объектом. Предложенное решение было использовано при изучении старения и реконструкции жилого фонда в проектах Чешского Технического Университета в Праге и Техническом Университете г. Острава. С инвестиционной точки зрения была применена при задании от ŘSD, для методического способа оценки вариантов предложенных мостов реализованных в рамках магистрального строительства.

Эта статья появилась как часть исследовательского проекта «Менеджмент поддерживающий развитие жизненного цикла объектов строительства, строительных предприятий и территорий» (MSM 6840770006), финансируемого Министерством образования, молодежи и спорта в Чешском Техническом Университете (г. Прага), на Строительном факультете.

## Библиографический список

1. Beran, V. (2007): *Ekonomika správy majetku (Vybrané kapitoly ke komplexnímu příkladu)*. Praha, Fakulta stavební ČVUT v Praze, 2007.
2. Beran, V. (2006): *Management udržitelného rozvoje životního cyklu staveb, stavebních podniků a území*. Praha, Fakulta stavební ČVUT v Praze, 2006.
3. Čápková, D. - Kremlová, L. - Schneiderová, R. - Tománková, J. (2005): *Metodika určování nákladů životního cyklu a stavebního objektu. Soubor technických listů CIDEAS 2005*. Praha, ČVUT v Praze, s. 3-4, 2005.
4. Macek, D. (2007): *Buildpass - obnova a údržba budov*. Praha, Fakulta stavební ČVUT v Praze, 2007.
5. Macek, D. (2006): *Nástroje finančního plánování obnovy a zhodnocení budov. Udržitelný rozvoj v oblasti správy majetku*. Praha, V Fakulta stavební ČVUT v Praze, s. 217-220, 2006.

6. Macek, D. (2006): Optimalizace obnovy konstrukčních dílů budov. Management udržitelného rozvoje životního cyklu staveb, stavebních podniků a území. Praha, Fakulta stavební ČVUT v Praze, s. 116-117006.

7. Měšťanová, D. (2008): Proces EIA a moderní formy monitorování umísťování staveb. In: Management stavebnictví 2008. Brno, Akademické nakladatelství CERM, s. 55-65, 2008.

8. Schneiderová, R. (2007): Užitek stavebního díla v průběhu životního cyklu. In: Cena, životnost a ekonomická efektivnost stavebního díla. Brno, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, s. 83-89, 2007.

**Tomas Polak** (*Okin Group, Prague, Czech Republic*)

## **FACILITY MANAGEMENT OUTSOURCING IN CZECH REPUBLIC AND ABROAD**

*OKIN FACILITY is one of major providers in supporting services market for enterprises in the Czech Republic as well as Eastern Europe. Enterprises are expected to raise their demands for integrated facility management. According to Tomáš Polák from the OKIN GROUP, the tendency appearing during the last two-three years has shown small local enterprises are getting interested in facility management services. They entrust their supportive activities to large providers offering complete services all over the Czech Republic.*

We expect that the integration of partial facility management services within a single supplier will be on the rise in coming years. During the economic recession, companies are considering their expenses more thoroughly. They often do not have the slightest idea of where the hidden potential is to be found in their enterprises.

As regards large manufacturing corporations, the outsourcing of support services usually enables yearly savings of 10 to 20% of the original costs of such activities. This represents a sum of the order of hundred thousands of Euro, as the experience of OKIN FACILITY, as well as the surveys elaborated for the company last year's indicates. According to the survey, large manufacturing corporations spend an average of 1 million Euro per year for facility management and other services relating to that. Our experience, however, indicates that corporations often fail to include all items in such costs. In fact, the sum may be significantly higher.

During last two years, OKIN FACILITY in the Czech Republic has started providing integrated facility management services e.g. to the Biocel Paskov, Kostal CZ, Nutricia (Groupe Danone) companies. Besides that OKIN FACILITY provides services for Philip Morris in the Czech Republic as well as in Ukraine, Kraft Foods in Bulgaria and others.

Another trend can be observed in the growing demand for the technical administration of real estate of clients who own a network of branch offices all over the Czech Republic. In the past, for instance, we won a tender for the technical services and cleaning of buildings of the telecom operator Telefónica O2, entailing about 800 office blocks, shops and points of sale.



Our clients also include several banking institutions like ERSTE Group, Societe Generale (Komerční Banka in CZ or BSGV in Russia), KBC Bank (CSOB) and Raiffeisen Bank in Czech and in Russia, too. The number of buildings operated and administered by OKIN FACILITY has reached not several hundred, but several thousand.

The trend of using integrated facility management services can also be observed abroad. First of all multi-national companies might be interested in getting the same “European” standard of services. Our branch offices are in Russia (Moscow and Yekaterinburg), Bulgaria, Slovakia and Ukraine. Our services are also demanded by shopping centres, office centres and banks. In the Czech Republic, this type of clientele forms segments which have already been out-sourcing integrated facility management services on a standard basis and whose demand remains more or less stable. On the contrary, the demand for our services in this market segment is growing in East European countries where we operate.

On the other hand, manufacturing corporations show greater concern. The reason is that the assignment of a large amount of support services to an external supplier is a bit more complicated for industrial companies compared with e.g. office centres. OKIN FACILITY therefore offers its customers the option of preparing project solutions fully customized so as to comply with their specific conditions and needs. The form might be feasibility study, too.

**Lenka Švecová, Hana Scholleová, Jiří Fotr**

*(VSE, Prague, Czech Republic)*

### **APPROACHES TO RISK AND UNCERTAINTY INTEGRATION WHILE EVALUATING INVESTMENT PROJECTS<sup>1</sup>**

*The paper is based on research and pursuit results focused on risk and uncertainty integration into investment decision making. The first part describes recourses of the research in the Czech Republic itself and other researches involved. The second part describes the faults, which are made by managers while integrating risk and uncertainty into investment decision making. These results are based on number of publications and own examination. Furthermore one can find here an investigation of the relations between the ways of risk and uncertainty integration into investment decision making and the size of the company, economic environment disposition and property.*

**Keywords:** Investment decision making, investment projects, risk and uncertainty, risk analysis, hypotheses testing

**JEL Classification:** C65, D81, G31, L19

#### **Introduction**

Investment decision making is one of the key fields in strategic decision making in each company, as new investment projects fundamentally affect company's future profit and prosperity. The quality of investment decision making is influenced by a larger number of factors; of which the way of respecting the risk and uncertainty can be classified as one of the most important one. This aspect was a subject of many empirical researches. The aim of the

---

<sup>1</sup> In this essay results used from the MSM 6138439905 research purpose financed by Ministry of Education, Czech Republic.

paper is to present the results of investment decision making empirical research, which was performed at VŠE, Faculty of Business Administration, Prague (Kislingerová, 2008); and their comparison with results of other researches involved in this matter.

## 1. Research basis

This empirical research was performed just before the economic and financial crisis break out in selected Czech companies (252 properly filled in questionnaires received and processed). Each questionnaire included 92 questions focused on company's economy, management and logistics. The article is focused on investment decision making process and it brings forward the results of total of three questions orientated in respecting the risk and uncertainty issues while investment projects evaluation and selection. The investigative questions and relations required are as follows:

- The question "What methods do you use to determine the size of risk and risk assessment of the investment projects?" was looking for these dependencies: expected impacts of global environment, importance of unpredictable market environment and speed of technological change for strategic decision making, existence of the strategy, the company's annual turnover, majority owner.

- The questions „How do you deal with risk when assessing and selecting the investment project?" and "What methods do you use to analyze the risk of investment project?" were looking for dependencies on the company's size and majority ownership and on the first question concerning the methods of determining the size of risk and risk assessment of investment projects.

The questionnaire's primary outcome was the absolute frequency of each answer to the particular question in the survey. The  $\chi^2$  test of good fit was used for testing the hypothesis in the combination table. As the basis, the significance level was set at 5 % and when testing some dependencies, even gentler test was used.

Apart from the survey mentioned above there were also used the results of other researches with similar aim, which were realized in the Czech Republic, as well as in the USA, Great Britain, Finland and Sweden.

## 2. Defects and problems of risk and uncertainty integration into the investment decision-making process

As illustrated by the economic practice experience, a lot of bodies (different level managers as well as specialists) involved in the investment options preparation, analysis and selection, make number of failures due to inadequate respect of risk and uncertainty. The ability of these bodies to integrate risk and uncertainty appropriately into the investment decision making process is determined not only by their qualifications and experience but also by analytical abilities to acquire and process the information.

In completely ideal environment the managers could make rational decisions but real life is different; there are many barriers of rationality. These barriers can be both on manager's part (in particular lack of knowledge, abilities and skills) or they are arising in connection with the environment, where managers exist (e.g. time pressure, lack of resources – financial, human and other, inadequate access to information, etc.).

Among the fundamental weaknesses of investment decision making (as well as strategic decision making in general) **uncertainty ignorance** is very frequent. This is usually re-

flected as binary understanding of uncertainty, i.e. managers assume either **full certainty** or **complete uncertainty** in business environment development.

The binary understanding of uncertainty, as mentioned above, originates in knowledge of McKinsey consulting company's experts (see Courtney, Kirkland, Viguerie, 1997). Whereas neglecting the uncertainty associated with presumption of sufficiently reliable forecasts in business environment development, is, according to these authors, eligible only in 30 up to 40% of problems of strategic decision making. Complete uncertainty concerns not more than 10% of these problems. The uncertainty has, in more than 50%, either discrete nature and can be described by number of so-called real scenarios (risk factors have binary character, where it can be for example acceptance or nonacceptance of certain regulatory or legislative measures, etc.); or joined nature (e.g. purchase and sales price trend, exchange rate, etc.).

In the first scenario - **full certainty presumption**, the managers believe that the development of business environment is stable enough and it is possible to define **sufficiently accurate forecasts** of key risk factors development, which significantly influence the result of the investment. The foundation for investment decision making is **the most likely scenario**, either in terms of the key risk factor estimated forecast, or development combination of several most important risk factors. With this approach the uncertainty is ignored, which means the investment decision making with full certainty instead of investment decision making with risk of uncertainty. Such simplification can be eligible in some cases (with sufficiently stable business environment) as it enables and considerably simplifies the entire decision making process, because creating investment financing plans with one scenario is relatively easy. Unfortunately, such simplification is, in many cases, completely inadequate and has negative impact on quality of the investment decision making process. Often then happens that the actual development differs from the only (the most likely) considered scenario and accomplished results are significantly different from those anticipated. Especially in case of adverse deviations in the investment decision making with irreversible nature (for example construction of new dedicated units) such unjustified simplification may even lead to bankruptcy. Uncertainty ignorance also results in less prepared organisation to utilize future opportunities and protect against other risks.

As already mentioned above, the counterpart of full certainty presumption is complete uncertainty presumption that is often equally inadequate. It is clear, that in case of completely uncertain development of business environment any prognosis is extremely difficult and uncertain, key risk factors may not be known, let alone their possible trend and impacts. In this case managers make either intuitive<sup>2</sup> decisions, or in case of considerable aversion to risk they rather avoid critical decisions and direct their attention to partial measures, which are, in terms of risk, rather neutral; e.g. cost reduction, employee satisfaction increase etc. Overrated risk rate then also becomes a buck-passing while justifying failure of chosen investment decision.

Between **other weaknesses** in work with risks and uncertainty of investment decision making in context of manager's limited capabilities to process information and limited scope of their detection can be included:

---

<sup>2</sup> The role of intuition while making strategic investment decisions is significant. It often helps to bridge high uncertainty, which would otherwise fail any clearly defined methods. However, it is appropriate to combine both methods (the intuitive as well as clearly defined ones) and to support the intuitive solution by quantitative tools and methods (Fotr, Švecová et al., 2010).

- **Searching for information confirming present findings** and denying information that are contrary to these findings.

- This also bears relation to inadequate **importance given to the first information** available (estimates are then made on the basis of these primary information), e.g. investment decision making according to historical figures (respectively the current state).

- **Overestimating the precision of judgement and forecast** and undervaluation the very likely circumstances (both negative as well as positive), which are not based on this trend.

- **Overestimating the unlikely negative circumstances** (super caution), especially if it is dependent on personal experience, and related **avoiding risky decisions**, when manager tries to postpone making such decisions due to apprehension of adverse impacts<sup>3</sup>.

- On the other hand **succumbing the excessive optimism** that is based on presumption of quite promising business environment affecting the results of investment alternatives. This leads to a situation, when the most likely scenario applied is optimistically deviated, e.g. overestimating investment projects' earnings, which is associated with underestimating costs of these projects (Fotr, Souček, 2005).

- **Ignorance of risk factors** or **defining too narrow intervals of their uncertainty**, when, for example extreme trends and step changes in the environment are not taken into account. Often there are accepted only such changes of current environment that oscillate around the current status or most likely development (which can lead to both exposure to risk as well as ignorance of attractive opportunities).

- **Disrespecting the dependence of attention devoted to risk factors upon the nature of environment**, which the company belongs to (the more uncertain environment, the more attention to external factors should be paid). However, managers rather deal with such risk factors that do not require demanding analysis, i.e. mostly internal factors.

- Lower-level managers are **not reflecting the top managers'** (senior management's) **attitude to risk**. Lower-level managers then, without appropriate leadership and stimulation, either expose company to too much risk or act hyper-conservatively and do not use such desirable risk behaviour to make the best of an attractive opportunity.

- When looking for possible solutions of problems with making decisions, these are overly based on **already known solutions** and the alternatives found are often close to each other.

- **Repetition of wrong** (inefficient) **decisions** that is motivated especially by denying the acknowledgement of mistakes from the past. For example, according to Fotr and Švecová (2010), there is so called trap of buried costs arising, when the amount of buried costs becomes one of the assessment criteria.

The list of deficiencies of work with risk and uncertainty mentioned above is not surely complete. It is also noteworthy to mention **neglecting the formation and usage of well-timed warning systems**, which support quick identification of risks and opportunities from their first signals. The existence of such systems significantly contributes to increase of quality of risk and uncertainty integration into strategic decision making.

---

<sup>3</sup> It is often associated with inappropriately created companies' motivation system, when managers are "punished" for making decisions leading to adverse results but they aren't "punished" for letting slip an opportunity.

The deficiencies of work with risk and uncertainty mentioned above are resulting from number of surveys implemented in the Czech Republic, see Švecová (2005), Fuňková (2006), Dudek (2003), Fotr (1983), as well as in other countries, e.g. Courtney, Kirkland, Viguerie (1997), Hammond, Keeney, Raiffa (1999), Hájek, Hynek, Janeček, Lefley, Wharton (2001).

### 3. The findings and conclusions of surveys regarding the applied procedures and tools while determining the size of risk of investment projects and their evaluation

#### 3.1 Ways of determining the investment projects' risk size, respectively its evaluation

One of the key aspects how to evaluate quality of risk and uncertainty integration is how enterprises define just the size of such risk while evaluating investments projects risks. It was examined if (see Table 1):

A1: they carry out verbal characteristics (e.g. insignificant, small, medium, high, unacceptable risk),

A2: they carry out numeral characteristics (e.g. probability of loss, variance, standard criteria deviation such as profit, net present value etc.),

A3: the risk is being neglected,

A4: they apply other methods to define the risk size, respectively to evaluate investments projects risks.

In accordance with the expectations, when defining the risk, most of queried enterprises do not carry out numeral characteristics (B) but they carry out verbal characteristics (A), which are based on experience and implicit perception of risk (150 enterprises out of the total number of respondents, i.e. 60 %). It is relatively frequent (perhaps even surprising) to carry out numeral characteristics of risk (79 enterprises, i.e. 31 %) in such forms as probability of loss, variance, respectively standard criteria deviation – profit, net present value etc. Only very small percentage of companies (17 enterprises, i.e. 7 %) admitted neglecting the risk (C). However, it is reasonable to be afraid of the fact that this figure is rather underestimated and the real situation is significantly worse due to optimistic distortion caused by respondents' effort to be seen in a better light. Other 16 companies did not answer this question, so it can be assumed that more than 12% of enterprises neglect the risk. 13 enterprises, i.e. 5%, apply other methods to define the risk size of investment projects (D), whereas according to verbal answers, these are particularly verbal characteristics of risk (response type as empirical ways, estimates of qualified experts employed in the company, etc.).

**Table 1. Methods of determining the size of risk of investment projects**

Answer	Quantity	Percentage
A1	150	60 %
A2	79	31 %
A3	17	7 %
A4	13	5 %
<b>Total</b>	<b>236</b>	<b>x</b>

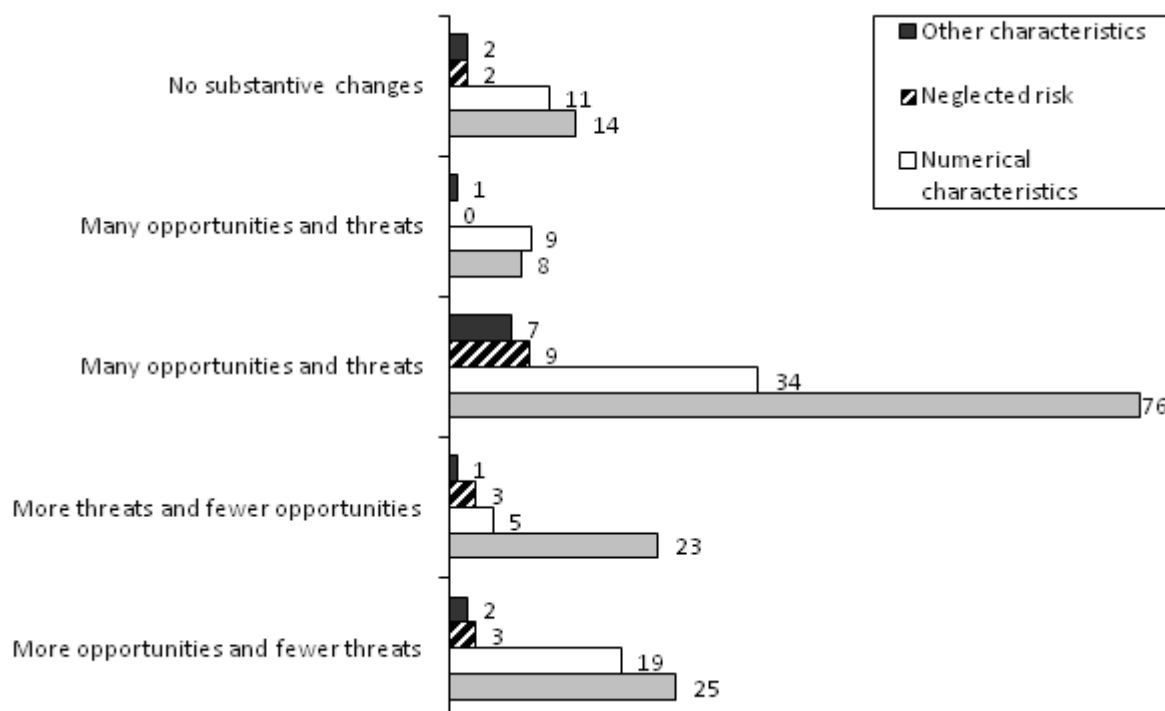
Source: own, published in Kislingerová aj. (2008)

In connection with this issue following hypotheses can be defined:

- Hypothesis 1: Enterprises, which, in connection with global environment changes, are expecting more opportunities and threats, will apply more sophisticated approach to determine the size of risk of investment projects.

- Hypothesis 2: Enterprises, which have more formal approach to strategic management (in terms of strategic formulation), apply more sophisticated approach to determine the size of risk of investment projects.
- Hypothesis 3: Larger companies apply more sophisticated methods of determining the size of risk of investment projects.
- Hypothesis 4: Enterprises owned by an international capital apply more sophisticated methods of determining the size of risk of investment projects.
- One would logically expect **the dependence of method of determining the risk size of investment projects upon the nature of environment**, which the enterprise belongs to, **and upon the environment changes affecting the company observed** (hypothesis 1). Whereas the greater the risk and opportunities company expects, the more attention to work with risk and uncertainty should be paid, i.e. apart from other, determining the risk size.

The dependence was examined in regard to given answers to the question „What can stated changes as well as other external global environment changes bring to your company in the near future (i.e. in approximately 5 years time)? Number of responses summarizes picture 1. below. However, the good fit test  $\chi^2$  did not confirm this dependence (see Table 2)<sup>4</sup>. The inquired dependence was not even found with reasonably reduced level of significance. It also failed to prove dependence of method of determining the investment projects' risk size upon the importance of the environment unpredictability and technological changes rate for strategic decision making.



Source: own, published in Kislingarová aj. (2008)

**Picture 1. Determining the risk size upon the expected environment changes affecting the company observed**

<sup>4</sup>It should be noted that data of companies, which did not reply to given question, were excluded from the testing in order to avoid results distortion.

The dependence of **strategy determination method** (respectively approach to strategy determination) upon **the method of risk size determination** of investment projects (hypothesis 2) was not proven. The dependence was examined in regard to question, whether the company has a defined strategy and if yes, in which form; with possible answers: „yes, in precise written form“, „yes, but in no precise written form“ and „the strategy is not defined“ (see Table 2).

Equally, there was not proven the **dependence of the company's size** (hypothesis 3) **upon its ownership** (hypothesis 4) on one hand **and the method of determining the risk size of its investment projects** on the other hand (see Table 2). In case of company's size, the dependence is demonstrable by this test only with probability of 33 % and dependence on international capital ownership is demonstrable with probability of 14 %, which is clear independence.

**Table 2. Hypotheses results of the good fit test  $\chi^2$  with 5 % significance level**

	Hypothesis 1	Hypothesis 2	Hypothesis 3	Hypothesis 4
<b>Test Criteria Value</b>	11,5	7,4	6,6	0,75
<b>Scope Levels</b>	12	6	9	3
<b>Critical value</b>	21	13,6	16,9	7,81
<b>Test</b>	$11,5 < 21$	$7,4 < 13,6$	$6,6 < 16,9$	$0,75 < 7,81$
<b>Conclusion</b>	rejection	rejection	rejection	rejection

Source: own

### **3.2 Work with risk while evaluating and selecting investment projects**

Within the framework of the next question the respondents should answer how they hereafter work with the defined risk (number of responses is summarised in table 3):

B1: We neglect the risk and our evaluation (criteria calculation) is assumed on the best estimates of values (such as sales, sales and purchase prices etc.), which affect investment project results.

B2: We identify risks and discuss their possible negative impacts on project; hereafter we respect these verbally expressed impacts when evaluating and selecting investment projects.

B3: We respect the risk by reducing the financial income (profit) and by increasing financial expenses (costs) in regard to the best estimates of these values.

B4: We respect different risk size of investment projects by modifying their discount rate.

B5: We respect the risk in another way.

**Table 3. Method of managing the risk when evaluating and selecting investment projects**

Answer	Number	Percentage
B1	39	16 %
B2	150	60 %
B3	50	20 %
B4	9	4 %
B5	6	2 %
<b>Total</b>	<b>236</b>	<b>x</b>

Source: own, published in Kislingerová aj. (2008)

The reliability of frequency of applied verbal characteristics of risk was confirmed in the previous question (methods of determining the risk size), when the same percentage of enterprises (total of 150 enterprises, i.e. 60 %) applies similar approach (in stage of evaluating and selecting investment project; identification of risks and verbal discussion of their possible negative impacts on the project).

Although these are not exactly the same enterprises, dependency of answers to both questions is very close (almost 100 % – according to the good fit test  $\chi^2$ ).

Data unreliability mentioned above, with regard to neglecting the risk in previous question, is entrenched by conclusion that 39 enterprises (16 %) truly neglect the risk (and other 16 enterprises, i.e. 6 % did not answer this question); and when determining criteria for investment projects' evaluation and selection, these are only based on the best estimates of factors, which affect figures of these values. It is rather surprising that approximately 20 % surveyed companies respect the risk by cash flows' rectification (i.e. reducing the financial income and by increasing financial expenses), which resembles the approach based on application of certainty equivalent.

It is considerably surprising that respecting the risk by modifying the discount rate has a very low frequency (only 4 %), especially provided that one sixth of surveyed companies base their criteria value determination on the best estimates of input values. This may lead to certain doubts about quality of evaluation and selection of investment projects in the group of respondents.

Even this case did not manage to prove the dependence of method how to deal with risk while evaluating and selecting investment projects upon the company's size.

### **Applied tools when analyzing risk of investment projects**

There may be employed number of tools when analyzing risk of investment projects; among the best known tools are included sensitivity analysis, scenario and simulation approaches. In accordance with expectations the sensitivity analysis was among the two most frequent tools (79 companies, 31,3 %) – see Picture 2 (black stripes). Detected high frequency of scenario applications (81 companies, 32,1 %), which have mostly form of evaluated probabilistic trees, is considerably surprising though. However, these applications are in accordance with the answer to question targeted on methods of determining the risk size of investment projects, when 79 companies apply numeral characteristics. Low utilization of Monte Carlo Simulation in the field of investment decision making corresponds with expectations; in regard to demanding application of this tool and more difficult interpretation of its results. However, it is important to point out that all 77 companies (entire 30 %) do not apply any of the analysis risk tools.

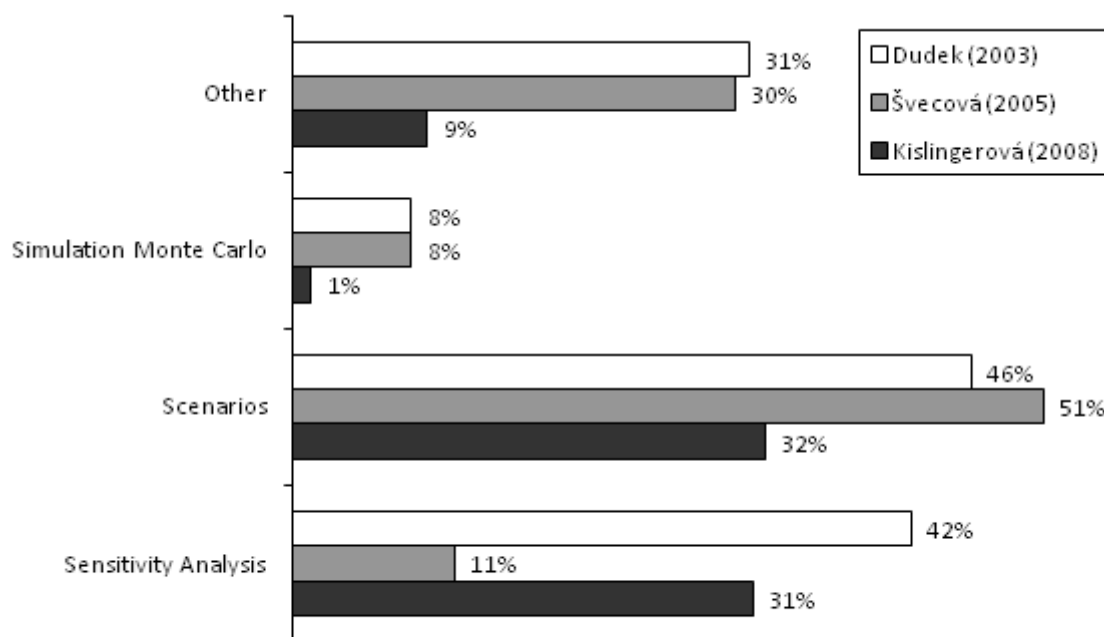
These findings are partly in compliance with survey executed three years ago, more from Švecová (2005) – see Picture 2 (grey stripes), when 19 % of respondents did not apply any tools and other 43 % of respondents applied maximum of one tool, scenarios in particular (not in quantitative form but especially in qualitative form). However, the structure of applied tools is not identical, which was probably caused by different sample of respondents (the later



survey is more targeted on large companies, when survey in 2005 included mostly smaller companies).

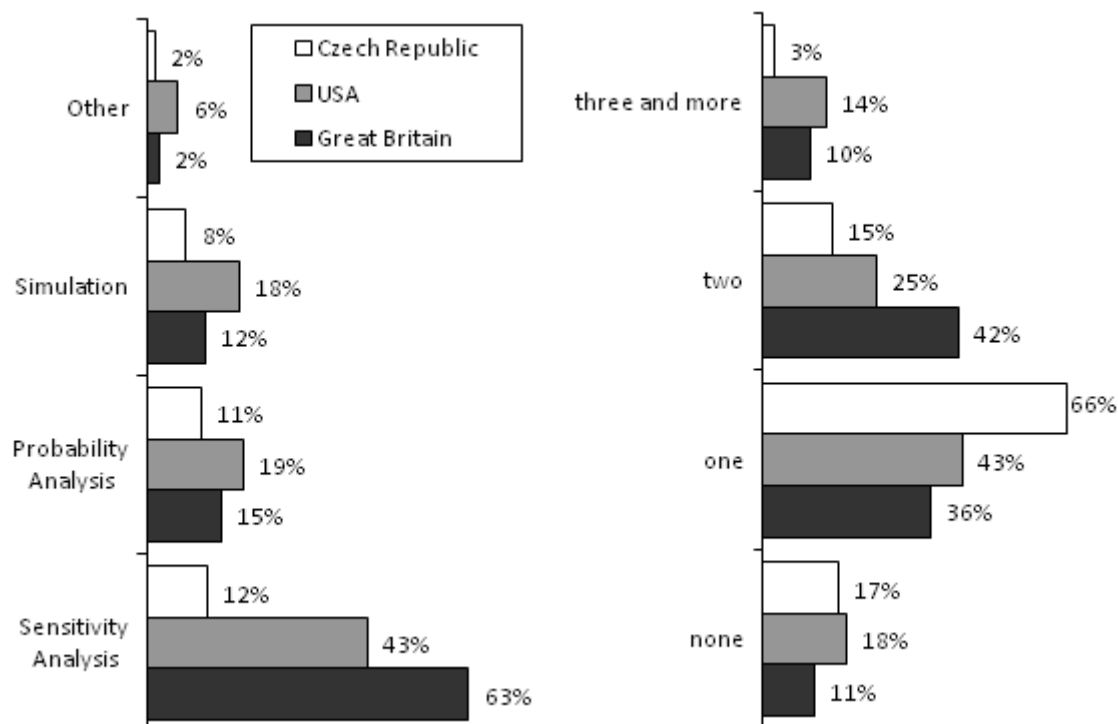
However, very similar results in frequency of tools applied to risk analysis were obtained in survey in 2003, more from Dudek (2003) – see Picture 2 (white stripes). Sensitivity analysis and scenario approaches were amongst the most frequently used tools. Due to respondents' focus on investment decision making the number of companies using simulation techniques is higher and there is also significantly smaller percentage of companies, which do not apply any tool. In this survey, there was also proven dependence of approach to risk analysis upon company's ownership, when companies, which were under international majority ownership, applied higher number of methods.

An older survey results from 1999 are also noteworthy. It was carried out not only in the Czech Republic (white stripes), but also in Great Britain (black stripes) and USA (grey stripes) – see Picture 3. It is evident, that sensitivity analysis, scenario approaches (probability analysis) and simulation approaches were applied more frequently abroad than in Czech. That also corresponds with number of applied tools. Managers from Great Britain and USA tended to apply several methods simultaneously, when Czech companies were satisfied with one tool. Nevertheless, according to survey results described above, over the time there is a significant positive shift to utilization of these methods and tools when analysing the investment project risks in the Czech Republic.



Source: own - published in Kislingerová (2008), Švecová (2005), Dudek (2003)

**Picture 2. Applied tools when analysing risk of investment projects**



Source: Hájek a kol. (2001)

**Picture 3. Survey results of applied methods and tools when analysing the investment project risks from 1999**

Internal consistency of the answers was then tested by a quest for dependence of method of determining the risk size of investment projects upon applied tools when analysing the risk of investment projects, i.e. whether methods of determining the risk size correspond with applied tools. However, dependence of applied methods upon the company's size was not proven again.

### Conclusion

The aim of the paper was, pursuant to empirical research findings (including own research), to analyse and evaluate the significant field of investment decision making, namely method of risk and uncertainty integration into the investment decision making.

The empirical research itself examining the risk and uncertainty integration into investment decision making was focused on methods of determining the risk size of investment projects, ways of managing the risk while evaluating and selecting those projects and also on applied tools when analysing the investment project risks. The research proved preference for verbal characteristics of risk; however, frequent application of numeral characteristics (by almost one third of respondents) was also fairly surprising. Hypotheses testing did not prove the dependence of frequency of numeral characteristics application upon selected characteristics of surveyed enterprises (expecting more opportunities and threats, method of establishing the strategy, company's size and ownership). In regard to applied tools for analysing the investment projects risk, the most widespread tools include sensitivity analysis and rather surprisingly scenarios as well. On the contrary, in the meantime Monte Carlo simulation has had insignificant utilization. The comparison of some foreign researches (USA, Great Britain) indi-

cated in these countries greater use of sensitivity analysis, scenarios and simulations as well as trend to simultaneously apply several tools.

### References

1. McIntyre, A.; Coulthurst, N. (1998). The planning and control of capital investments in medium sized companies. *Management Accounting*, 1998, vol. 65, no. 3, p. 39.
2. Mills, R. W. (1987). Capital budgeting techniques used in the UK and USA. *Management Accounting*, 1987, vol. 54, no. 1, pp. 26-32.
3. Courtney, H.; Kirkland, J.; Viguerie, P. (1997). Strategy under Uncertainty. *Harvard Business Review*, 1997, no. 6, pp. 66-79.
4. Dudek, I. (2003). *Risk and its Integration into Investment Decision Making* (dissertation in Czech). VŠE. Prague 2003.
5. Fotr, J. (1987). Evaluation of decision making alternatives in risk and uncertainty. *Organization and Management (in Czech)*. Vol. XVI, no. 5. Institute of Management, Prague 1987.
6. Fotr, J.; Švecová, L a kol. (2010). *Managerial Decision Making. Procedures, Methods and Tools (in Czech)*. Prague, Ekopress 2010.
7. Fotr, J.; Souček, I. (2005). *Business Plan and Investment Decision Making (in Czech)*. Prague, Grada 2005.
8. Fuňková, A. (2006). *Risk Management in Nonfinancial Companies* (dissertation in Czech). Prague, VŠE 2006.
9. Graham, J. R.; Harvey, C. R. (2001). The theory and practice of corporate finance. *Journal of Financial Economics*, 2001, vol. 60, pp. 187-243.
10. Hájek, L.; Hynek, J.; Janeček, V.; Lefley F.; Wharton F. (2001): Investment Appraisal of advanced Manufacturing technology in the Czech Republic, USA and United Kingdom. *Prague Economic Papers*, 2001, no. 2.
11. Hammond, J. S.; Keeney, R. L.; Raiffa, H. (1999). *Smart Choices. A Practical Guide to Making Better Decisions*. Boston, Harvard Business School Press 1999.
12. Hynek, J., Janeček, V. (2007): *Investment Decision Making in Advanced Technologies. In: Scientific Pleadings of FES Pardubice University: Current Problems of Theory and Practice in Economy (in Czech), Pardubice University, 2/2007, p. 55-61.*
13. Kislingerová, E. aj. (2008). *Evaluation of Questionnaires (in Czech). Internal material of Business Administration Faculty, VŠE in Prague, processed within the framework of the research project "The New Theory of Organisations' Economy and Management and Their Adaptation Processes" MSM 6138439905.* Prague, VŠE 2008.
14. Kolařík, R.; Pavelková, D. (2007). Measurement and Management of Performance in Czech Enterprises. In. *Economic days in Hradec 2007/I. Regions' Economic Growth and Development (in Czech)*. Hradec Králové. 6. – 7. 2. 2007.
15. Liljeblom, E.; Vaihekoski, M. (2004). Investment Evaluation Methods and Required Rate of Return in Finnish Listed Companies. *Finnish Journal of Business Economics*, 2004, Vol. 53, No 1, 9-24. Helsinki, 2004.
16. Pike R.; Neale, B. (1996). *Corporate Finance and Investment*. Prentice Hall, London 1996.

17. Pike, R. H. (1982). *Capital Budgeting in the 1980s: A Major Survey of the Investment Practices in Large Companies*. The Institute of Cost and Management Accountants. 1982.
18. Scapens, R. W.; Sale, J. T.; Tikkas, P. A. (1982). *Financial control of Divisional Capital Investment*. The Institute of Cost and Management Accountants. 1982.
19. Mills, R. W.; Herbert, P. J. A. (1987). *Corporate and Division Influence in Capital Budgeting: A study of Corporate Divisional Practice in Large U.K. Companies*. The Chartered Institute of Management Accountants. 1987.
20. Lapsley, I. (1986). Investment appraisal in public service organizations. *Management Accounting*, 1986, vol. 53, no. 6, pp. 28-31.
21. Sahdal, G.; Sjorgen, S. (2003). Capital budgeting methods among Swedens largest groups of companies. The state of ATS and comparison with earlies studies. *International Journal of Production Economics*, 2003, no. 84, pp. 51-69.
22. Shapiro, A. C. (1989). *Modern Corporate Finance*, MACMILLAN P.C., New York 1989, ISBN 978-0024095305.
23. Švecová, L. (2005). *Risk and Uncertainty in Strategic Decision Making* (doctoral thesis in Czech). Prague, VŠE 2005.

## **Новые технологические решения в заготовке, переработке и отделке древесины**

Аникеев А.Ф. (БГТУ, г. Минск, РБ) [dosy@bstu.unibel.by](mailto:dosy@bstu.unibel.by)

### **РЕКОМЕНДАЦИИ ПО МЕТОДИКЕ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ЛАМИНИРОВАННЫХ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ TECHNIQUES TO INVESTIGATE PROCESSING LAMINATED CHIPBOARDS**

*The article presents techniques to conduct researches on investigating relation between the main changeable factors and both power to cut and length of processed edges using different cutting alloys.*

В условиях возрастающей сложности технологий по выпуску изделий, с одновременным ростом производительности оборудования и повышения качества продукции, появились дополнительные требования кардинального решения по управлению производственными процессами.

Известно, что эффективность работы производства в значительной мере зависит от используемого оборудования, оснащенности его инструментом с применением рациональных режимов обработки материалов, из которых изготавливаются изделия. Данные условия работы производств, обеспечивающие выпуск конкурентной продукции, вызвали необходимость в оснащении механических участков и цехов в целом современным оборудованием.

В настоящее время в деревообрабатывающей промышленности широко используются обрабатывающие центры и современное высокопроизводительное оборудование, и на их основе, автоматические и поточные линии. Однако, эффективность их использования в производстве сравнительно низкая. Повышение эффективности возможно за счет усовершенствования основ теории резания древесных материалов.

Наука о резании древесины и древесных композиций основывается на экспериментальных исследованиях. Результаты этих исследований обобщены в закономерности протекания процесса взаимодействия режущего элемента с объектом обработки в виде эмпирических зависимостей. Достоверность используемых формул находится в пределах изменения переменных факторов, при которых выполнены экспериментальные измерения.

В то же время анализ основ теории резания показывает, что разработанные расчетные методы по установлению рациональных режимов резания базируются на результатах исследований при обработке натуральной древесины. Учитывая современное состояние в деревообрабатывающей промышленности, можно сделать некоторые выводы, позволяющие обосновать целесообразность выполнения исследований по установлению влияния основных переменных факторов на силовые показатели фрезерования ламинированных древесностружечных плит:

- выпуск изделий из натуральной древесины, в последнее время ограничен. Основным материалом, используемым для изготовления мебельной и другой продукции, являются древесностружечные и древесноволокнистые плиты. Притом данный плитный материал имеет покрытие как натурального, так и искусственного происхождения;
- значительные отличия плитных материалов по физико-механическим и конструктивным свойствам не позволяют использовать разработанные рекомендации по установлению режимов резания для натуральной древесины;
- современное оборудование по своим техническим возможностям превосходит устаревший парк станков, т.е. диапазоны изменения технологических параметров выше, чем предусмотрены в расчетных методах, что требует выполнения исследований по их уточнению;
- обработка плитных материалов методом фрезерования осуществляется на оборудовании, позволяющем выполнять технологический процесс с более высокими параметрами ширины обработки, имеющем место при обработке натуральной древесины. Учитывая данное обстоятельство, энергоемкость станочного парка, работающего методом фрезерования, относительно высокая, т.е. отпадает необходимость в расчетах скорости подачи обрабатываемой плитной заготовки с учетом ограничений мощности механизма резания;
- разработанные расчетные методы силовых показателей для натуральной древесины не могут быть приняты за основу по обоснованию выходных показателей процесса фрезерования плитных материалов.

Многочисленные исследования механической обработки древесных материалов выявили, что на выходные показатели процесса резания оказывают влияние многочисленные факторы и их взаимосвязи.

Используя рекомендации проф. С. А. Воскресенского (Воскресенский С.А. Резание древесины. – М.: Гослесбумиздат, 1955, 200 с.) и анализ результатов исследований по литературным источникам, все переменные факторы распределены на три основные группы. В эти группы включены переменные, которые в той или иной степени влияют выходные показатели при фрезеровании ламинированных древесностружечных плит. Результаты выполненной работы представлены в табл. 1.

Анализ представленных в таблице переменных факторов показывает, что все обобщенные показатели процесса резания являются как зависимыми, так и независимыми. Ввиду этого, исследовать одновременно влияние всех факторов в их сложном взаимодействии невозможно. Для определения закономерности изменения одного из них в зависимости от другого необходимо создать условия сопоставления опытов, а все остальные факторы, кроме изучаемого, должны сохранять постоянную величину. Поэтому все факторы, действующие в процессе механической обработки древесных материалов, с учетом цели и задач исследований, распределены на переменные управляемые и постоянные не управляемые.

В то же время необходимо, чтобы все выходные показатели процесса резания должны быть взаимосвязаны с действием переменных факторов и отражали физическую сущность протекания процесса. В этом случае полученные результаты исследований, в виде зависимостей, позволяют воздействовать на протекание процесса.

Учитывая то обстоятельство, что среди множества переменных факторов имеет место как значимое, так и не оказывающее существенное воздействие на принятые вы-

ходные показатели при планировании экспериментальных работ необходимо исключить из методической сетки опытов те переменные, которые можно объединить в один показатель, а также практически не влияющие на протекание процесса резания. Например, переменные факторы, относящиеся к обрабатываемому материалу, объединить в один показатель, выраженный плитой типа П-А с покрытием из ламината.

Таблица 1 – Сводная таблица переменных факторов, учитываемых при механической обработке кромки ламинированных древесностружечных плит методом цилиндрического фрезерования

Переменные факторы	Влияние на выходные показатели		
	силовые	качественные	стойкостные
1. Факторы, относящиеся к обрабатываемому материалу			
1.1. Тип основы плиты	+	-	+
1.2. Тип покрытия	-	+	+
1.3. Процент связующих	+	-	+
1.4. Плотность плитного материала	+	-	+
1.5. Толщина плиты	+	-	-
2. Факторы, относящиеся к режущему элементу			
2.1. Марка твердого сплава	-	-	+
2.2. Угол резания	+	+	-
2.3. Диаметр фрезы	+	+	+
3. Факторы, относящиеся к взаимодействию режущего элемента с объектом обработки			
3.1. Средняя толщина стружки	+	+	+
3.2. Высота срезаемого слоя	+	+	+
3.3. Частота вращения режущего элемента	+	+	+
3.4. Длина дуги контакта	-	+	+
3.5. Кинематический угол встречи	+	+	+
3.6. Состояние режущей кромки	+	+	+
3.7. Ширина фрезерования	+	-	-

Обобщение переменных факторов и исключение малозначимых дает основание на проведение исследований с учетом таких переменных факторов как: средняя толщина стружки, марка твердого сплава, угол резания, диаметр фрезерования, высота срезаемого слоя, частота вращения инструмента и состояние режущей кромки.

При таком количестве переменных факторов целесообразно проводить исследования в два и более этапов. На первом этапе производят отсев малозначимых переменных факторов, которые, для принятых уровней варьирования, не оказывают существенного влияния на выходные показатели процесса резания.

По результатам отсеивающих экспериментов можно построить графики парных взаимодействий (рис. 1).

Второй этап, как правило, основной, предусматривает глубокие исследования по изучению влияния основных переменных параметров на силовые, качественные, стойкостные и другие показатели. Все последующие этапы предусматривают установление поправочных переводных и других коэффициентов.

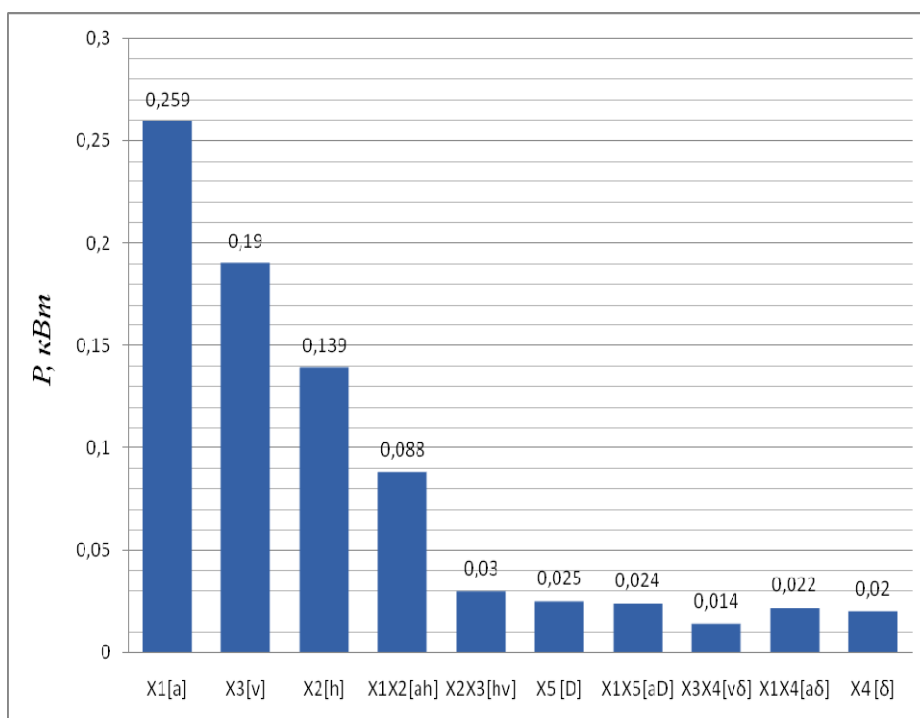


Рисунок 1 – Пример графика значения парных взаимодействий

**Закключение.** Данное положение можно рекомендовать для проведения исследований по установлению влияния основных переменных факторов на мощность, затрачиваемую на резание и длину обработанных кромок при использовании режущих элементов, оснащенных различными твердыми сплавами.

**Балакин В.М., Рукавишников А.В., Савина И.П., Давлетшин Р.И.**  
(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ) [rukov45@e1.ru](mailto:rukov45@e1.ru)

**Полищук Е. Ю.** (УрИ ГПС МЧС России, г. Екатеринбург, РФ)

## **ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ АЗОТ-ФОСФОРСОДЕРЖАЩИХ АНТИПИРЕНОВ НА ГОРЮЧЕСТЬ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ФАНЕРНЫХ ПЛИТ**

### **STUDYING INFLUENCE NITROGEN-PHOSPHORUS CONTAINING FLAME RETARDANTS ON COMBUSTIBILITY AND PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF PLYWOOD BOARDS**

*The article is devoted to studying influence nitrogen-phosphorus containing flame retardants on combustibility and physicochemical properties of plywood boards.*

Практически все древесные композиционные материалы, благодаря их органической природе (содержащие лигно-углеводные комплексы), являются горючими. В то же время ужесточение требований безопасности во многих сферах нашей жизни дикту-



ет необходимость использования негорючих или, по крайней мере, трудногорючих материалов, т.е. таких, которые с трудом воспламеняются и не поддерживают горение самостоятельно. Особенно важны такие материалы для самолетостроения, вагоностроения, строительства, общественного транспорта [1, 2].

Оптимальная рецептура получения трудногорючей композиции всегда является компромиссом между физико-механическими свойствами и огнестойкостью [3-6].

Наиболее эффективными для огнезащиты древесных композиционных материалов являются азотфосфорсодержащие составы, действующие на разных стадиях горения и обеспечивающие глубокую защиту древесного комплекса [7-10].

Как показывает практика применения различных конструкционных и отделочных материалов для всевозможных элементов конструкций в судостроении и транспортном машиностроении, а также в строительстве доля древесных отделочных материалов незначительна, т. к. большинство из них горючи, что недопустимо для их применения.

Создание фанеры и фанерных плит в огнезащищенном исполнении, имеет научную и практическую значимость. Согласно требованиям пожарной безопасности, предъявляемым в вагоностроении, материал для облицовки поверхности стен и перегородок должен относиться к категории трудногорючих, медленно распространяющих пламя, с умеренной дымообразующей способностью и должен быть умеренноопасным по показателю токсичности продуктов горения [11].

В своем исследовании мы выбирали наиболее технологичные и эффективные фосфорсодержащие огнезащитные составы для пропитки древесного шпона с последующим изготовлением и испытаниями фанерных плит.

В качестве огнезащитных составов были выбраны Аммафон-1, Терминус-11, Терминус-12, полифосфат аммония марки АРР-3, фосфорсодержащая КФС ПЕ-54.

Огнебиозащитные составы марки Терминус, состав Аммафон-1 являются готовыми к применению.

Огнезащитный состав Аммафон-1 представляет собой водный раствор моноаммонийных солей amino- и полиаминометиленфосфоновых кислот.

Составы Терминус-11 и Терминус-12 [12] представляют собой многокомпонентные водные растворы, содержащие фосфорсодержащие неорганические и органические антипирены, синергетические добавки, способствующие образованию вспученного теплоизолирующего слоя на защищаемой поверхности.

Фосфорсодержащая КФС ПЕ-54 представляет собой водный раствор фосфорсодержащего аминокальдегидного олигомера.

Также для сравнения был использован водный раствор полифосфата аммония марки АРР-3 с концентрацией 40% [13].

Для пропитки использовали лущеный березовый шпон ООО «Тавдинский фанерный комбинат». Толщина древесного шпона – 1,5 мм. Относительная влажность древесного шпона определена высушиванием образцов до постоянной влажности при температуре 103-107°C. Среднее значение относительной влажности древесного шпона составляло 5,5%.

На первом этапе проводилась работа по изучению влияния огнезащитных составов на горючесть древесного шпона.

Для работы подготавливали 4 образца древесного шпона для каждого условия пропитки.

Образцы шпона вырезали размером 150x35 мм, при этом длинная сторона должна быть вдоль волокон древесины.

Пропитка образцов древесного шпона проводилась в ванне при температуре пропиточного раствора антипирена – 65-70°C и продолжительностью пропитки, мин. – 30; 40; 60; 80.

По окончании пропитки образцы шпона вынимали из ванны, давали стечь избытку раствора и сушили в термошкафу при температуре 110-120°C до влажности не более 6%. Параллельно рассчитывали объемное поглощение путем соотношения массы антипирена, поглощенного шпоном за время пропитки, к объему поверхности листа древесного шпона. Зависимость поглощения антипирена (по основным веществам) древесным шпоном в горячей ванне от времени пропитки представлена на рисунке 1.

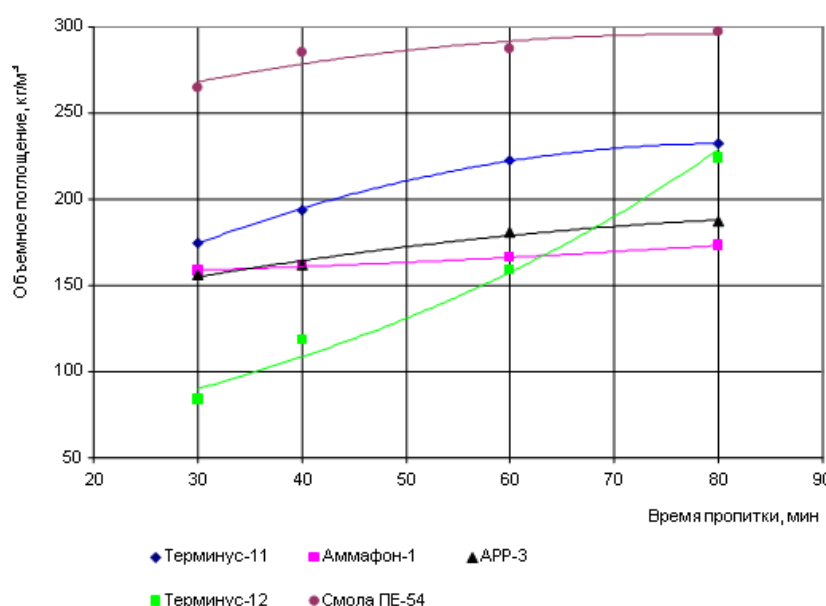


Рисунок 1 – Зависимость поглощения антипирена (по основным веществам) древесным шпоном в горячей ванне от времени пропитки

Из рисунка 1 можно сделать вывод, что оптимальное время пропитки образцов древесного шпона в ванне при температуре пропиточного раствора антипирена 65-70°C составляет 50 – 60 минут.

Огневые испытания образцов шпона проводили в установке «огневая труба» по ГОСТ 17088-71. Измеряемым параметром являлась потеря массы образца шпона после выдержки в пламени спиртовой горелки в течение двух минут. Результаты испытаний приведены на рисунках 2, 3.

Как следует из результатов испытаний в установке типа «огневая труба» наибольший эффект по снижению потери массы (%) пропитанного антипиренами шпона достигается в случае применения антипиренов Терминус-11 (потеря массы менее 20% при объемном поглощении антипирена от 170 кг/м³), Терминус-12 (потеря массы менее 20% при объемном поглощении антипирена от 90 кг/м³) и Аммафон-1 (потеря массы менее 20% при объемном поглощении антипирена от 160 кг/м³). Эти составы хорошо впитываются в древесину.

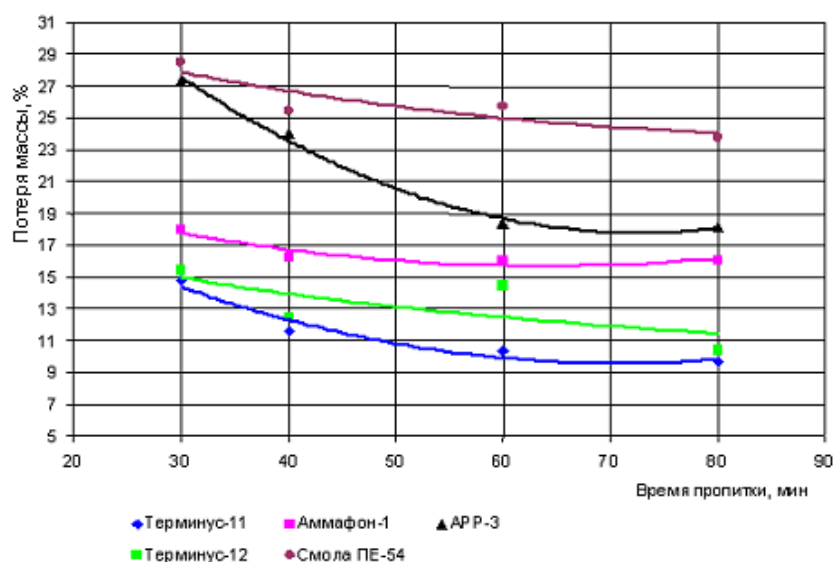


Рисунок 2 – Зависимость потери массы в установке типа «огневая труба» образцов древесного шпона от времени пропитки

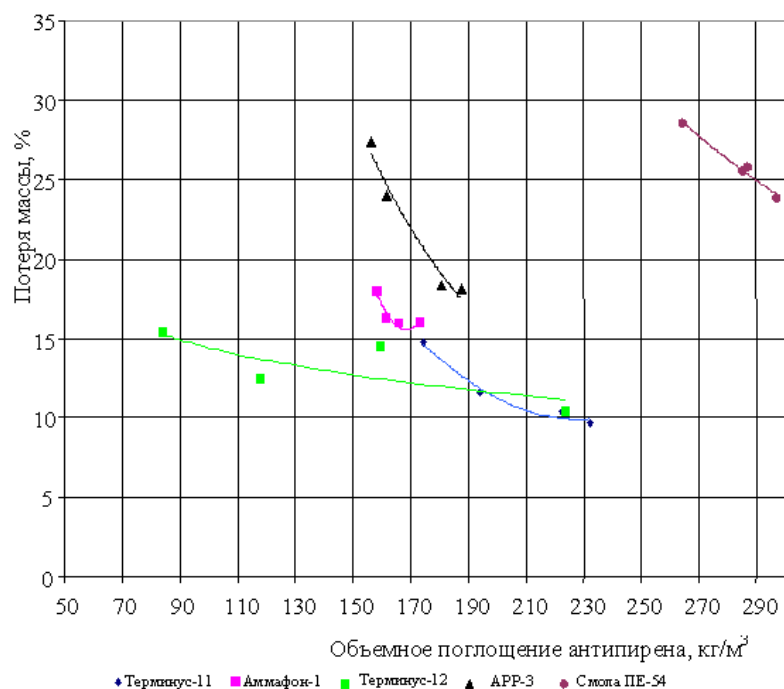


Рисунок 3 – Зависимость потери массы в установке типа «огневая труба» образцов древесного шпона от поглощения антипирена (по основным веществам)

Для изготовления фанерных плит с пониженной горючестью по результатам испытаний древесного шпона были отобраны огнезащитные составы Терминус-11 и Аммафон-1.

Из листов сухого древесного шпона (влажность не более 6%) вырезали образцы размером 160x160 мм, при этом отбирали листы без дефектов. Для изготовления одной фанерной плиты готовили 15 листов шпона.

В пропиточную ванну заливали огнезащитный состав. Ванну ставили на электроплиту и нагревали раствор до нужной температуры. В ванну образцы древесного шпона укладывали в кассетах или прокладывая каждый образец сеткой. Выдерживали шпон в ванне требуемое время, постоянно контролируя температуру.

Пропитка образцов древесного шпона проводилась в ванне при температуре пропиточного раствора антипирена – 20, 40, 50 °С и продолжительностью пропитки, мин. – 5; 10; 20; 30; 45; 60.

По окончании пропитки образцы шпона вынимали из ванны, давали стечь избытку раствора. Все пропитанные листы сушили в термошкафу при температуре 110-120°С до влажности не более 6%.

Для изготовления фанерных плит применяли связующее на основе фенолформальдегидной смолы СФЖ-3014 (ГОСТ 20907-75).

Связующее наносили на поверхность листов древесного шпона обрезиненным валиком, равномерно распределяя тонкий слой связующего по всей поверхности листа и контролируя его расход для каждого листа весовым методом. Удельный расход связующего составляет 140-150 г/м<sup>2</sup>.

Пакет шпона с нанесенным связующим собирали в следующем порядке: нижний лицевой лист клеевым слоем вверх, на него второй лист также клеевым слоем вверх и с направлением волокон перпендикулярно нижнему листу и т.д., последним – лицевой лист без связующего. Взаимоперпендикулярное расположение листов шпона соответствует фанерным плитам марки ПФ-А. Сформированный пакет укладывали на нагретый металлический лист с качественной поверхностью. Сверху пакет осторожно, чтобы не произошел сдвиг листов, накрывали нагретым металлическим листом, и помещали между плитами пресса.

Прессование проводили при температуре плит пресса 125-130 °С, удельном давлении 2 МПа и продолжительности выдержки под давлением 20 мин (1 мин/мм).

По окончании прессования пакет разбирали, готовые фанерные плиты выдерживали в помещении лаборатории не менее 24 ч и проводили испытания.

Испытания горючести фанерных плит проводили в установке типа ОТМ. Образец взвешенной фанерной плиты размерами 145х50хh мм выдерживали в пламени газовой горелки 2 мин, после чего взвешивали и рассчитывали потерю массы (рисунок 4).

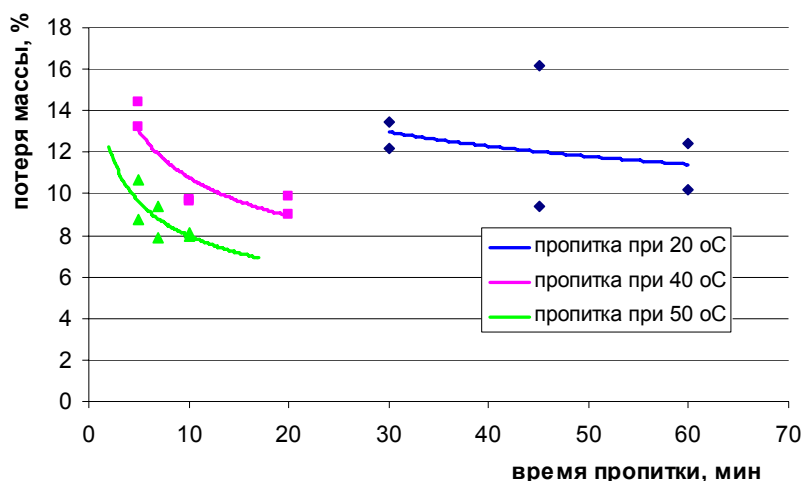


Рисунок 4 – Зависимость потери массы фанерных плит от времени пропитки огнезащитным составом Аммафон-1

Из графика видно, что для получения трудногорючих фанерных плит достаточен расход огнезащитного состава Аммафон-1 165-174 кг/м<sup>3</sup> в товарном виде (73-74 кг/м<sup>3</sup> по основным веществам). Для получения указанного расхода время пропитки составля-

ет 5-10 мин при температуре пропиточного раствора 50 °С. Потеря массы фанерных плит, пропитанных ОС Аммафон-1, при данных условиях, составляет 7,9-10,7 %.

Оценку физико-механических свойств фанерных плит проводили по следующим показателям и методикам: предел прочности при статическом изгибе – по ГОСТ 9625-87 на образцах размерами 145х30хh мм; предел прочности при скалывании после кипячения в течение 1 ч – по ГОСТ 9624-93; водопоглощение и объемное разбухание в воде в течение пяти суток (на образцах размерами 50х50хh мм), влагопоглощение и плотность плит – по ГОСТ 9621-72.

Для сравнения были изготовлены контрольные образцы фанерных плит (без использования огнезащитного состава).

Физико-механические показатели фанерных плит представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Физико-механические показатели фанерных плит

ОС	Условия пропитки		Предел прочно-сти, МПа		Плот-ность, кг/м <sup>3</sup>	Влаго-погло-щение за 5 су-ток, %	Объ-емное разбу-хание за 5 суток, %	Водо-погло-щение за 5 суток, %
	Т, °С	Время, мин	При изгибе	При скалы-вании				
Аммафон-1	50	5	75,7	1,3	749	19,3	10,7	39,3
			58,8	1,9	745	21,1	13,1	41,6
		10	63,8	1,4	755	15,4	12,2	43,4
			60,3	1,3	754	19,4	13,3	42,7
Терминус-11	50	5	64,7	1,1	736	17,5	11,3	43,5
			57,6	1,4	689	20,2	10,2	47,1
		10	95,9	1,4	849	17,6	19,6	42,7
			64,1	1,6	772	21,6	15,4	40,3
Контрольные плиты без ОС			56,3	1,0	787	16,2	18,3	52,9
			59,6	1,4	733	16,9	19,2	56,7

Физико-механические показатели огнезащищенных фанерных плит при объемном поглощении огнезащитного состава Аммафон-1 от 123 до 179 кг/м<sup>3</sup>, Терминус-11 от 137 до 219 кг/м<sup>3</sup> (в расчете на товарный продукт) практически не ухудшаются по сравнению с контрольными плитами.

Введение огнезащитных составов в фанерную плиту не уменьшают прочностные показатели по сравнению с контрольными плитами без огнезащитного состава. Водопоглощение и объемное разбухание огнезащищенных фанерных плит ниже, чем у контрольных плит, а влагопоглощение несколько выше, чем у контрольных плит.

Из изученных огнезащитных составов для опытно-промышленной апробации был рекомендован Аммафон-1 как более технологичный на стадии пропитки древесного шпона.

Для изготовления опытной партии трудногорючей фанеры использовали лучший березовый шпон ООО «Тавдинский фанерный комбинат». Толщина древесного шпона – 1,5 мм.

В качестве огнезащитного состава использовался Аммафон-1 ТУ 2499-025-16886106-03. Сухой остаток огнезащитного состава составляет 45,5%, плотность – 1,207 кг/м<sup>3</sup>.

Огнезащитный состав нагревали в пропиточных ваннах до температуры 40°C, после этого лущеный шпон укладывали по 2 листа между металлическими сетками в количестве 96 и 100 листов и пропитывали в течение 10 минут. По окончании пропитки давали стечь избытку огнезащитного состава с поверхности шпона в течение 10 минут. Количество поглощенного огнезащитного состава контролируется по разнице массы шпона до и после пропитки.

Сушка пропитанного шпона производилась в конвейерной сушилке при температуре 90 °С до влажности 3 – 3,5%.

В качестве связующего использовалась смола СФЖ 3014 ГОСТ 20907-75. Вязкость смолы по ВЗ-4 составляет 71с., сухой остаток – 46%.

Пакет шпона с нанесенным связующим собирали в следующем порядке: нижний лицевой лист клеевым слоем вверх, на него второй лист также клеевым слоем вверх и с направлением волокон перпендикулярно нижнему листу и т.д., последним – лицевой лист без связующего. Взаимоперпендикулярное расположение листов шпона соответствует фанерным плитам марки ПФ-А. Фанерные плиты изготавливали 9-ти слойные.

Склеивание плит производилось на гидравлическом прессе П 714-Б при температуре прессования 125°C. Время выдержки под давлением 180 атм. составило 15 минут. Давление снималось ступенчато в течение 3 – 4 минут. В результате были получены фанерные плиты толщиной 12 мм.

Испытания горючести фанерных плит проводили в установке типа ОТМ. При расходе огнезащитного состава Аммафон-1 160-170 кг/м<sup>3</sup> (в товарном виде) потеря массы фанерных плит составляет менее 9 %.

Физико-механические показатели фанерных плит представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Физико-механические показатели фанерных плит толщиной 12 мм

Наименование показателя	Значение		Метод испытания
	Опытная партия фанерных плит	Фанерные плиты ТУ 13-20876254-01-96	
Предел прочности при статическом изгибе, МПа	55 – 69	Не менее 80	ГОСТ 9625
Предел прочности при скалывании по клеевому слою, МПа	1,3 – 2,9	Не менее 1,2	ГОСТ 9624
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	765 – 785	550 — 900	ГОСТ 9621
Влажность, %	8,0 – 8,5	Не более 10,0	ГОСТ 9621
Влагопоглощение в воде за 5 суток в % массы	30,1 – 57,5	Не более 15,0	ГОСТ 9621
Разбухание в воде за 5 суток, %	11,6 – 14,9	Не более 16,0	ГОСТ 9621
Группа горючести	Трудногорючая	Трудногорючая	ГОСТ 12.1.044

Из таблицы 2 видно, что основные физико-механические показатели фанерных плит опытной партии находятся на уровне огнезащищенных плит по ТУ 13-20876254-

01-96. Высокое влагопоглощение плит опытной партии обусловлено наличием гидрофильного полиэлектролита – аммонийных солей полиметиленфосфоновых кислот.

На основании полученных данных разработан технологический регламент производства трудногорючей фанеры на ООО «Тавдинский фанерный комбинат».

#### Библиографический список

1. Лавров А. П. Экологически чистые трудногорючие материалы для производства фанеры и древесно-полимерных плит / Лавров А. П., Кордовская Л.А., Кондрашенко В.И. [и др.] // Вестник ВНИИЖТ, 2002, №2.
2. Трудногорючие полимерные материалы (композиции и композиционные концентраты) URL:<http://www.bars2.com/articles/show/?articleId=18> (дата обращения 30.04.2011).
3. Кириллов А.П. Исследование некоторых физико-механических свойств огнезащитной декоративной фанеры / Кириллов А.П., Бирюков В.Г., Гусев В.И, Мартыненко В.И. // В науч. тр.: Технология и материалы деревообрабатывающих производств. С. 115-119.
4. Бирюков В.Г. Трудногорючая большеформатная фанера / Бирюков В.Г., Мишков С.И., Соболев А.В. // Науч. тр.: Моск. лесотехн. ин-т. 2003, № 321, С. 27-33.
5. Бирюков В. Г. К вопросу создания огнезащитной декоративной фанеры / Бирюков В.Г., Щербаков Д.Е. // Науч. тр.: Моск. лесотехн. ин-т. 2003, № 321, С. 35-40.
6. Балакин В.М. исследование влияния азот-фосфорсодержащих антипиренов на горючесть древесного шпона / В.М. Балакин, Ю.И. Литвинец, Д.В. Давыдов, Д.И. Усяев // Материалы 27-й международной конференции и выставки «Композиционные материалы в промышленности» г.Ялта; 2007, С. 40 – 43.
7. Балакин, В.М. Азот-фосфорсодержащие антипирены для древесины и древесных композиционных материалов (литературный обзор) / В.М. Балакин, Е.Ю. Полищук // Пожаровзрывобезопасность. — 2008. — Т. 17, № 2. — С. 43-51.
8. Балакин В.М. Изучение огнезащитной эффективности азот-фосфорсодержащих составов для древесины / В.М. Балакин, Е.Ю. Полищук, Ю.И. Литвинец, А.В. Рукавишников // Пожаровзрывобезопасность №5. – 2007. – Т. 16, №5. – С.39-43.
9. Тычино Н.А., Леонович А.А. Древесные плиты: теория и практика: 2-й Научно-практический семинар, С-П, 17-18 марта, 1999. СПб: Изд-во СПбЛТА. 1999, С. 46-48.
10. Леонович А.А. Огнезащита древесных плит слоистых пластиков / А.А. Леонович, Г.Б. Шалун // «Лесная промышленность» 1974, 128 с.
11. Щербаков Д. Е. Технология огнезащитной фанеры, облицованной строгаемым шпоном ценных пород древесины / Дис. канд. техн. наук : 05.21.05 Москва, 2005, 231 с.
12. Балакин В.М. Новые огнезащитные составы для древесины серии «Терминус» / В.М. Балакин, Ю.И. Литвинец, М.А. Белобородов, Н.С. Овчинникова // Материалы 26-й международной конференции и выставки «Композиционные материалы в промышленности» г.Ялта; 2006. С.14-16.
13. Химические системы:[сайт]. URL:<http://www.chemsystem.ru> / (дата обращения 30.04.2011).

**Барташевич А.А., Игнатович Л.В., Шетько С.В., Гайдук С.С.**  
(БГТУ, г. Минск, РБ) [sergey1453@rambler.ru](mailto:sergey1453@rambler.ru)

## **МОДИФИКАЦИЯ ПОЛИВИНИЛАЦЕТАТНЫХ КЛЕЕВ** *MODIFICATION OF POLYVINYL ACETATE ADHESIVES*

*The paper shows how nano-additives modifiers polyvinyl acetate adhesives and influences on quality of glued joints.*

Одним из приоритетных направлений повышения эффективности деревообрабатывающей промышленности Республики Беларусь является рациональное использование древесного сырья с целью получения продукции высокого качества. Особенно в больших объемах перерабатывают древесину при производстве мебели и в домостроении. Многие операции выполняют путем склеивания. В производстве мебели – при изготовлении мебельных щитов из массивной древесины, облицовывании, сборочных работах, в домостроении – при изготовлении клееных брусьев, столярных изделий (окон, дверей) и др.

Из клеев больше всего применяют карбамидоформальдегидные и дисперсионные (поливинилацетатные). Применение карбамидоформальдегидных клеев значительно ограничивается по экологическим требованиям, в тоже время поливинилацетатные клеи получают все более широкое применение.

На сегодняшний день в Республике Беларусь практически все предприятия деревообрабатывающей промышленности работают с импортными поливинилацетатными клеями. В тоже время в стране есть собственное производство клеев. По европейскому стандарту DIN EN 204/205 «Классификация термопластичных клеев для древесины для применения не в производстве конструкционного силового бруса» клеевые соединения подразделяются на 4 класса нагрузки: D1, D2, D3 и D4. В деревообрабатывающей промышленности преимущественно используются клеи D3. Клеи первых трех групп предназначены для изделий и конструкций, эксплуатируемых в закрытых помещениях, группы D4 – и в открытом пространстве. Клеи группы D4 используются с отвердителем, благодаря которому водостойкость клеевых соединений значительно возрастает. В Республике Беларусь такие клеи не выпускаются.

Испытания клеев на прочность склеивания и водостойкость проводили на кафедре технологии и дизайна изделий из древесины по европейской методике. Испытывался клей отечественного производства марки ДФ 51/15ВП и марки Клебит 303 (Германия).

Клей марки ДФ51/15ВП при 7-суточной выдержке образцов в комнатных условиях после склеивания имел прочность 10,98 МПа (при норме 10 МПа), что соответствует требованиям к клею группы D1. После дополнительной выдержки образцов в воде в течении 4 суток прочность склеивания отечественным клеем оказалась равной только 0,12 МПа, импортным клеем – в пределах до 3 МПа при норме 4 МПа (для группы D3). Но после дополнительной выдержки образцов в течении 7 суток при комнатных условиях прочность клеевого соединения клея ДФ51/15ВП увеличилась до



7,27 МПа при норме 8 МПа. Таким образом, слабым показателем отечественного клея является его водостойкость.

Из всего выше сказанного следует, что основным направлением модификации отечественных поливинилацетатных клеев является повышение водостойкости и прочности клеевых соединений.

Одним из направлений работы было исследование химического состава импортных и отечественных клеев ПВА и природы отвердителя. Эти исследования проводились на кафедре технологии нефтехимического синтеза и переработки полимерных материалов. Установлено, что различия клеев состоят не в различных добавках в водную фазу клея, а в химических составах макромолекул ПВА. При этом коренное отличие состоит в том, что импортный клей в составе макромолекул содержит несколько процентов ОН-групп. Роль этих групп – образование (в зависимости от природы вводимой кислоты и условий реакции) нерастворимых сшитых полимеров, что резко повышает водостойкость и теплостойкость клеевых швов.

Вторым важным отличием ПВА-клеев является добавление в импортные клеи отвердителя перед применением клея. Роль отвердителя выполняет двухосновная органическая себациновая кислота. При ее введении происходит химическая реакция взаимодействия ОН-групп макромолекул с  $\text{COOH}$ -группами кислоты с образованием нерастворимого сшитого полимера. Добавление отвердителя в клей ДФ51/15ВП не повышает его влагостойкости, так как в его макромолекулах нет ОН-групп.

На следующем этапе работы был проведен обзор модифицирующих добавок в ПВА клей, которые вводятся для повышения его водостойкости. Было выявлено два основных метода повышения водостойкости клеев за счет введения:

- карбамидной смолы [1];
- 5 % полиизоцианата, который превращает клей из термопластичного в термореактивный, делает его более твердым и водостойким.

Недостатком первой дисперсии является необходимость введения в нее отвердителя, к примеру, щавелевой или ортофосфорной кислоты, что представляет собой определенные неудобства в работе и опасность, связанную при работе с кислотой.

Недостатком второго клея является повышенная токсичность и кратковременное, до двух часов, действие полиизоцианата, после чего он утрачивает эффективность.

Следующим этапом исследований с целью повышения водостойкости ПВА-клеев явилась их модификация нанодобавками.

Под наноматериалами понимают материалы, содержащие структурные элементы, геометрические размеры которых хотя бы в одном измерении не превышают 100 нм ( $1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м}$ ), и обладающие качественно новыми свойствами, функциональными и эксплуатационными характеристиками.

Нанотехнология – совокупность методов и приемов, обеспечивающих возможность контролируемым образом создавать и модифицировать объекты, включающие компоненты с размерами менее 100 нм.

Наноматериалы и нанотехнологии получают все более широкое развитие и применение в таких странах, как США, Германия, Канада, Япония и др. В первую очередь это такие отрасли, как электроника и медицина. Находят они применение и в технике, в частности в автомобилестроении [2]. О применении наноматериалов в деревообработке

и производстве мебели сообщений не имеется. До этих отраслей очередь еще не дошла, хотя и здесь нанотехнологии могут оказаться весьма эффективными.

Наиболее применимыми и перспективными материалами нанометрического диапазона являются нанопорошки металлов, диоксида кремния, диоксидов титана, сульфата бария, оксидов алюминия, циркония. В качестве наполнителей могут использоваться полимерные порошки, равномерно распределенные в пленкообразующем веществе. Особый интерес представляют наноматериалы на основе углерода (УНМ). На первом этапе проведенных исследований при изучении свойств модифицированного нанодобавками клея использовались углеродные нанотрубки (УНМ) марки «Суспензия» и силикатные наноматериалы (СНМ).

Одной из наиболее сложных задач при использовании нанодобавок является введение их в клеевой состав.

Первый способ получения клея с нанодобавками основывался на прямом введении углеродных нанодобавок обычным смешением в диссольтвере. Способ недостаточно надежный, не позволяет равномерно распределить наноматериал по всей массе клея. При втором способе получения клея с нанодобавками вначале готовилась суспензия «жидкость-наноматериал», которая затем вводилась в клей и смесь перемешивалась.

Для наработки образцов составов клеев с нанодобавками вначале готовили суспензии «жидкость – наполнитель», то есть «вода – углеродные нанотрубки» концентрацией 5 г/л по режиму: двукратное пневмораспыление под давлением 0,3 МПа с последующим ультразвуковым диспергированием в течение 20 минут.

Для суспензии «вода – силикатный наноматериал» была принята концентрация 10 г/л. Готовилась данная суспензия по режиму, аналогичному, как и суспензия «вода – УНМ». Расчетное количество суспензии вводилось в клей и смесь перемешивалась 15 минут.

Для определения прочности клеевых соединений использовали образцы древесины бука влажностью 8 % в виде пластинок размером 150×20×5 мм. Их склеивали парно пластинами.

Испытания образцов на прочность клеевых соединений проводили по европейскому методу DIN EN 205 «Установление прочности при продольном скалывании в результате проведения испытаний на растяжение». Испытания проводили на разрывной машине типа РМ-0,5. В каждом опыте испытывали по 12 образцов.

Контрольные образцы, то есть склеенные клеем без нанодобавок, испытывали после 7-суточной выдержки при комнатных условиях – как для группы нагрузки и водостойкости D1. Испытания образцов по методике, принятой для группы нагрузки и водостойкости D3, проводили после выдержки склеенных образцов в течении 7 суток и последующей выдержке в воде в течении 4 суток при комнатной температуре 20°C. Образцы испытывались сразу после извлечения из воды и после выдержки в течение 7 суток при комнатной температуре.

Результаты испытаний образцов, склеенных ПВА-клеями, модифицированными углеродными нанотрубками марки «Суспензия» и силикатными наноматериалами, а также контрольных образцов (склеенных клеем без нанодобавок) приведены в табл.1.

Повышение прочности клеевых соединений, выполненных клеевым составом с нанодобавками, происходит в результате того, что наноразмерные включения в поли-

мерный материал многократно увеличивают степень развитости контакта фаз. Материалы, с введенными в их состав углеродными нанотрубками, имеют повышенные прочностные характеристики также и из-за того, что модуль упругости по оси нанотрубки превышает соответствующий модуль монокристаллического алмаза.

Таблица 1 – Прочность склеивания древесины клеем, модифицированным нанодобавками

Вид клея	Прочность при продольном скалывании, МПа		
	после выдержки 7 суток после склеивания	после выдержки 7 суток + в воде 4 суток	после выдержки 7 суток + в воде 4 суток + 7 суток при 20°C
ДФ51/15ВП + 0,025 % УНМ	10,98 (разрушение по древесине)	1,28 (разрушение по клеевому слою)	7,75 (разрушение по древесине – 60%)
ДФ51/15ВП + 0,05% УНМ	9,87 (разрушение по древесине)	1,35 (разрушение по клеевому слою)	8,06 (разрушение по древесине)
ДФ51/15ВП + 0,025% СНМ	10,16 (разрушение по древесине)	1,42 (разрушение по клеевому слою)	8,55 (разрушение по клеевому слою)
ДФ51/15 ВП + 0,05% СНМ	10,62 (разрушение по древесине)	1,46 (разрушение по клеевому слою)	8,62 (разрушение по древесине – 70%)
ДФ51/15ВП – без нанодобавок (контрольный образец)	9,53 (разрушение по древесине – 70%)	0,12 (разрушение по клеевому слою)	7,27 (разрушение по клеевому слою)

Исследования влияния нанодобавок на свойства клеевых соединений продолжаются, однако и полученные результаты свидетельствуют о целесообразности их применения в деревообрабатывающей отрасли промышленности.

#### Библиографический список

1. Фрейдин, А. С. Полимерные водные клеи / А. С. Фрейдин – М., 1985 – С. 115-116.
2. Нанотехнологии. Наноматериалы. Наносистемная техника – 2008/ Под ред. П. П. Мальцева. – М.: Техносфера, 2008.
3. Свириденко А. И. Устройство для исследования эрозии при ударном воздействии высокоскоростной жидко-капельной струи / А. И. Свириденко, А. И. Сечко, В. П. Ставров, М. И. Игнатовский, //Трение и износ. Т.25, 2004. – № 4. – С. 368-371.
4. Борисенко Е.В. Физико-химические основы производства эмульсий// Пищевые ингредиенты, 2002. – № 2.
5. Свириденко А.И., Чижик С.А., Louis H, Игнатовский М. И. Микро- и наногеометрия и физико-механические свойства эродированных поверхностей // ДАН Беларуси. Т.48, 2004. – № 2. – С. 98-102.

Басова Е.В., Часовских В.П. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

**АНАЛИЗ СПОСОБОВ ОЧИСТКИ ВНУТРЕННИХ СТЕН ЦИКЛОНА  
ОТ ОТЛОЖЕНИЙ ЧАСТИЦ ДРЕВЕСНОЙ ПЫЛИ**  
*ANALYSIS OF DIFFERENT TECHNIQUES TO REMOVE WOOD DUST  
FROM INNER SURFACE OF THE CYCLONE*

*Cleaning out a cyclone can be made with different techniques. Special interest is generated by vibrorercussion-combined technique to remove wood dust from inner surface of the cyclone.*

Очистка внутренних стен циклона - это принудительное отслоение осадочных образований от стен, разрыхлением их структуры и освобождение полости циклона от осадочных отходов. [1]

Очистка может быть выполнена одним из следующих способов:

1. Механический – нарушение контакта между осадочным материалом и стенами циклона принудительно, какими либо инструментами (щетками, ворошителями, скребками, палкой и т. п.). Механический способ очистки прост и в основном применяется для очистки открытых или закрытых гладких поверхностей (напр., поршневая очистка газопроводов). В нашем случае он будет неэффективным, так как внутренние стенки циклона закрыты и имеют сложную форму.

2. Гидродинамический – смыв отложений напором воды. Применяется, например, для очистки стенок и разрушения сводов в бункерах и дозаторах цемента: через отверстия в стенках подается напор воды. Возможность применения для циклонов сомнительна из-за сложности рабочих условий — высоких температур, переменных давлений и расходов. При этом данный способ очистки ведет к перерасходу воды, и будет затруднительным для зимнего времени. Циклоны зачастую конструктивно располагают под открытым небом, что приведет к замерзанию остатков воды в циклоне.

3. Газодинамический – сдувание слоя отложений воздушным потоком (аэрация). Возможность применения для циклонов сомнительна из-за сложности рабочих условий — высоких температур, переменных давлений и расходов. Кроме того, аэрация будет возвращать значительную часть осажденной пыли в очищаемый газовый поток.

4. Ударный – встряхивание циклона. При реализации ударного способа задача состоит в выборе времени и силы удара, обеспечивающем наилучшую эффективность очистки. От сильного удара в емкости бункера могут подняться в воздух крупные скопления пыли, тем самым вызвать ее попадания в очищенный поток, или произойдет вторичный захват газопылевого облака. Удары способствуют отделению и разрыхлению пылевой массы, отделенные частицы падают вниз и менее подвержены захвату газовым потоком. Движение газа в основной рабочей зоне также направлено вниз, что способствует сбросу отходов в бункер.

5. Вибрационный – приведение полости циклона в колебательное движение. Данный метод очистки в промышленности применяется достаточно широко; при соответствующей конструктивной проработке вполне приемлема и для очистки циклонов в деревообрабатывающей индустрии. Вибрационный способ представляется наиболее эффективным: можно контролировать время запуска вибратора, имеется возможность

оптимизации вибраций по частоте и амплитуде. Это говорит о том, что по сравнению с ударным, вибрационный способ более управляем. Вибрационный метод более экологичен, не шумный, возврат пыли в газопылевой поток - минимален.

6. Магнитно-импульсный - за счет электро-магнитного импульса происходит отслоение отложений. Требуется специальной установки и немалых трудозатрат. Существующие на сегодняшний день математические модели и основанные на них методики расчета магнитно-импульсных приводов позволяют проектировать привод только с осесимметричной конфигурацией системы. Данные модели обладают двухмерным режимом расчета. Они не позволяют производить расчет неосесимметричных моделей. Кроме этого, подобные модели не позволяют производить расчет процессов тел сложной формы. Перечисленные недостатки существенно сдерживают дальнейшее изучение магнитно-импульсного привода. Таким образом, на сегодняшний день существует необходимость создания трехмерной математической модели, лишенной вышеперечисленных недостатков.

7. Комбинированный – сочетающим два или более метода из перечисленных.

Определенные перспективы представляет виброударный — комбинированный способ, при котором вибрации создаются за счет периодических ударов определенной частоты. Эффективность очистки может оказаться высокой, благодаря большей широте спектра ударных вибраций, однако существующие недостатки, специфические для ударного способа, в значительной мере могут сказаться и здесь.

Расчетная модель циклона как объекта автоматизации процесса очистки воздуха от пылегазовых частиц, представлена на рис. 1.

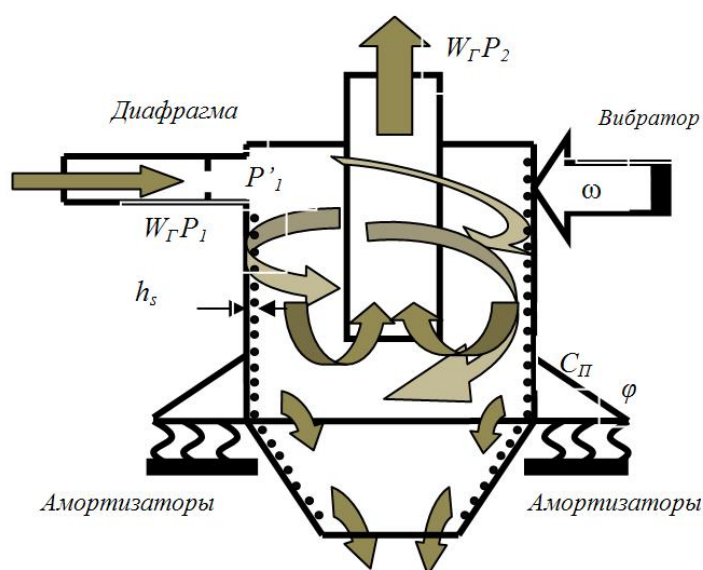


Рисунок 1 – Схема движения газопылевых потоков в расчетной модели циклона

А) Возмущения — параметры "среды":

$Q_{гп}$  — объем газового (пылегазового) потока,  $м^3/с$ , это переменная величина, меняет свое значение по ходу движения пылегазового потока — в связи с изменением параметров газа (давление, температура), конденсацией и потерями;

$W_{гп}$  — скорость газового потока,  $м/с$ , также переменная величина, по ходу и по сечению так же в связи с изменением параметров газа (давление, температура), конденсацией и потерями — из-за переменного сечения;

$z_{\Pi}$  — концентрация пыли, величина безразмерная, переменная по ходу газопылевого потока, снижается в процессе очистки;

$P_i$  — давление на входе в циклон, Па;

Б) Управления от "регулятора" при выборе варианта вибрационного способа очистки:

$w_B$  — частота вибратора, 1/с;

$Q_B$  — вынуждающая сила, Н, задается вибратором.

Составляющие параметры структуры объекта приведены на рис. 2.

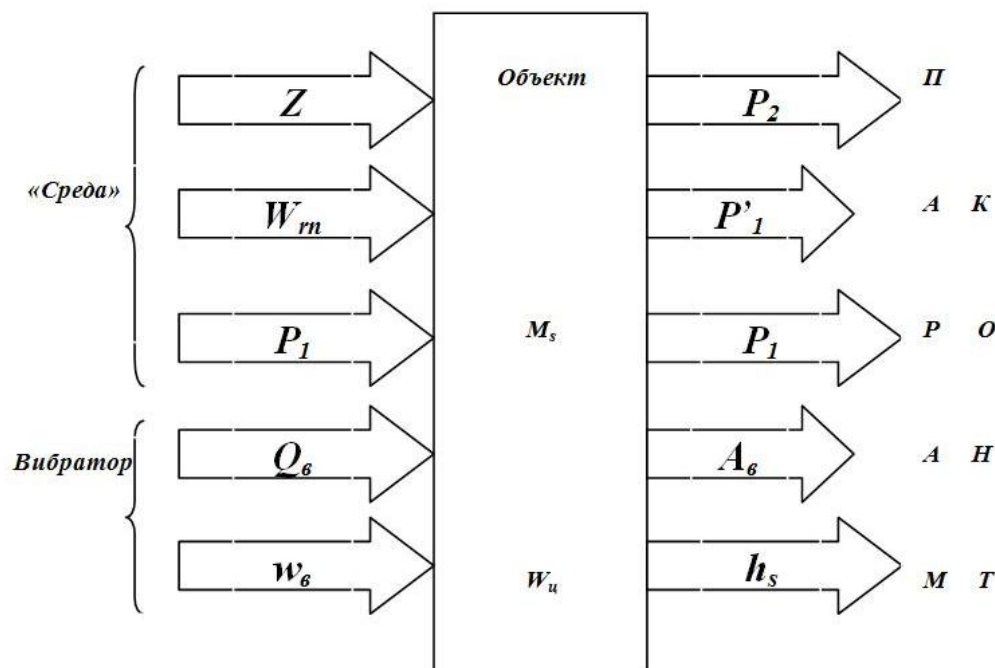


Рисунок 2 – Составляющие параметры объекта автоматизации, циклона

В) Параметры контроля объекта:

$A_B$  — амплитуда вибрации поступающая на стенки циклона, м. Определяется настройкой вибратора и механическими характеристиками циклона;

$P_1$  — давление на входе, Па;

$P'_1$  — давление во входном патрубке после измерительной диафрагмы, Па;

$P_2$  — давление в выходном патрубке, Па;

Г) Внутренние параметры объекта автоматизации:

$W_{\text{цп}}$  — скорость пылегазового потока внутри циклона, м/с, имеет различные параметры, в зависимости от места в циклоне;

$h_s$  — толщина слоя отложений на стенках, м, различная в разных местах внутренних стен циклона;

$M_s$  — масса суммарная отложений на внутренних стенках циклона, кг;

$z_1$  — коэффициент аэродинамического сопротивления входной диафрагмы (см. п. 2.3.3.);

$z_{\text{ц}}$  — коэффициент аэродинамического сопротивления циклона.

Средняя скорость пылегазового потока  $W_{\text{гп}}$ , определяется через величину расхода  $Q_r$ :

$$W_{\text{гп}} = Q_r / S, \quad (1)$$

где  $S$  —текущее сечение канала,  $\text{м}^2$ ;

Скорость входного пылегазового потока можно определить по перепаду давления на измерительной диафрагме (турбулентном дросселе), установленной во входном патрубке (см. рис.2.4). Измеряемая скорость газопылевого потока связана с перепадом давления зависимостью:

$$Q_d = S_d \sqrt{2 \cdot \frac{\Delta P_d}{\rho_r}} \cdot \zeta_d; \quad (2)$$

откуда,

$$\Delta P_d = P_1 - P_1' = z_1 \cdot W_r^2 \quad (3)$$

где  $z_1$  —коэффициент,  $\text{Пас}^2/\text{м}^2$ .

Коэффициент аэродинамического сопротивления входной диафрагмы,  $z_1$  при малых расходах, зависит от числа Рейнольдса потока [2]. При значениях  $Re$ , соответствующих турбулентному режиму,  $z_1$  стабилизируется, см. рис.3; при определении скорости газопылевого потока не требуется сложных перерасчетов.

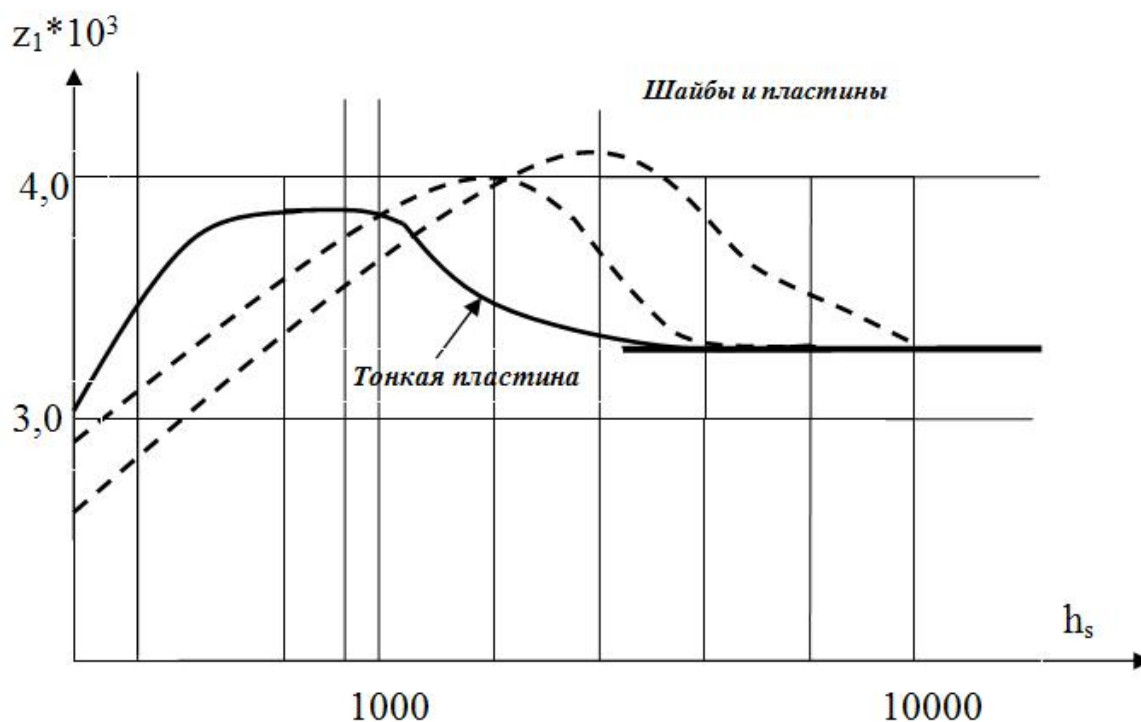


Рисунок 3 – Связь коэффициента  $z_1$  с числом Рейнольдса

Анализируя процесс изменения толщины слоя отложений на внутренних стенках, можно сделать вывод, что это возрастающий процесс. Средняя скорость увеличения слоя отложений зависит от конструкции циклона, площади стенок, скорости (расхода) потока, запыленности газопылевого потока, свойств пылегазовой смеси — размера частиц, конденсации паров, свойств слипания поверхностей двух разнородных тел газопылевого потока и самослипания мелкодисперсных частиц, их способностью образовывать прочные соединения поверхностей одного и того же материала под давлением или без него. Для конкретных смесей газопылевого потока (мелкодисперсных древесных частиц пыли) и характеристических данных циклона, этот процесс представляется формулой:

$$\frac{dh}{dt} = F(W_{r1} \cdot z) \approx Kh \cdot W_r \cdot z; \quad (4)$$

где  $K_h = 10^{-5} \dots 10^{-3}$  — безразмерный коэффициент.

Точное и своевременное измерение значения толщины слоя отложений  $h_s$  — задача трудновыполнимая, как правило, берется некоторое усредненное значение толщины слоя.

Коэффициент  $z_s$  — «интегральная» характеристика циклона, косвенно характеризующая изменение толщины слоя отложений на стенках. Формулой, аналогичной (2.3), объединим  $z_s$  и перепад давления в циклоне с течением времени:

$$\Delta P_u = P_2 - P_1 = z_s \cdot W_r^2; \quad (5)$$

где  $P_2$  — давление в выходном патрубке циклона, Па;

Перепад давления связан с толщиной слоя отложений  $h_s$ , и его неспешным постоянным ростом. Проходное сечение канала  $S_3$  с учетом толщины слоя будет равно:

$$S_3 = \pi \cdot (R_u - h_s)^2;$$

если пренебречь  $h_s^2$  из-за его незначительности, то

$$S_3 = \pi \cdot (R_u^2 - 2R_u h_s);$$

или

$$S_3 = S - 2\pi R_u h_s; \quad (6)$$

Подстановкой (5) и несложными преобразованиями уравнение (4) приводится к виду:

$$\Delta P_u = \frac{K_1}{(K_0 - h_s)^2}; \quad (7)$$

где  $K_1$  — функция скорости газопылевого потока и плотности газа, Н,

$K_0$  — константа, определяемая характеристикой и геометрией циклона, м.

На рис. 4 показаны кривые зависимости  $\Delta P_u(h_s)$ .

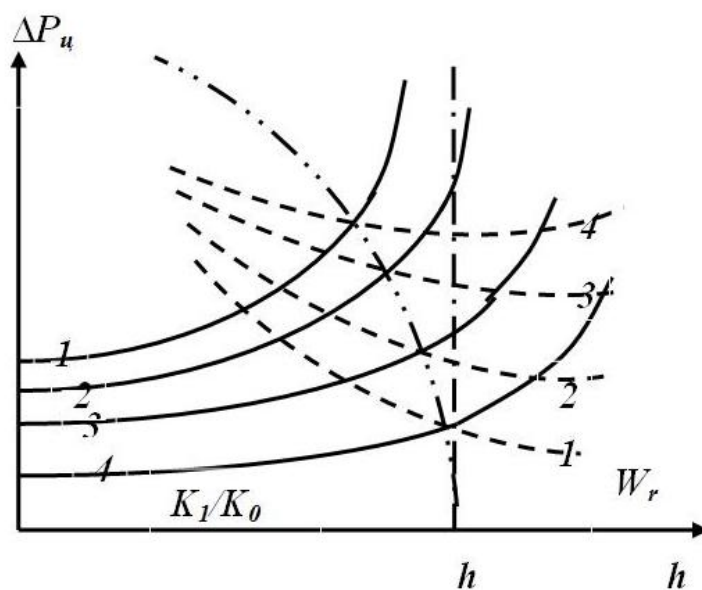


Рисунок 4 – Перепад давления в циклоне, вызванный утолщением внутренних стен циклона, из-за отложений частиц пыли



С учетом роста скорости газопылевого потока и при уменьшении сечения, крутизна кривых для определенных значений  $h_s$  резко возрастает, что резко повышает критичность характеристик. Необходимое значение коэффициента  $z_s$ , которое моделируется монотонным подбором диафрагмы во входном и в выходном патрубках циклона.

Блок-схема операторов процесса работы вибровозбудителя дана на рис.5.

Операторы алгоритма:

1. Пуск работы системы аспирации деревообрабатывающего или мебельного цехов. Происходит первоначальный забор пылевоздушных потоков, которые поступая по аспирационным трубам, выходят в циклон, где начинается непосредственный процесс очистки от мелкодисперсных частиц пыли. В вихревом потоке внутри циклона, ударяясь о стенки циклона мелкие частицы пыли подвергаясь адгезии и абсорбции начинают налипать на внутренние стенки циклона.

2. Контроль над выполнением условия  $h_s < h_k$ . Происходит монотонный процесс нарастания отложений  $h_s$  на внутренних стенках циклона.

Измерение толщины  $h_s$  на внутренних стенках циклона, сложный и трудоемкий процесс. Оптимально измерять толщину слоя отложений по характерным параметрам деревообрабатывающего циклона, по собственной частоте колебаний, целесообразно так же производить контроль за толщиной слоя отложений по перепаду давления или по перепаду давлений  $P_1, P_{11}, P_2$ , на входе в циклон и на выходе потока из циклона.

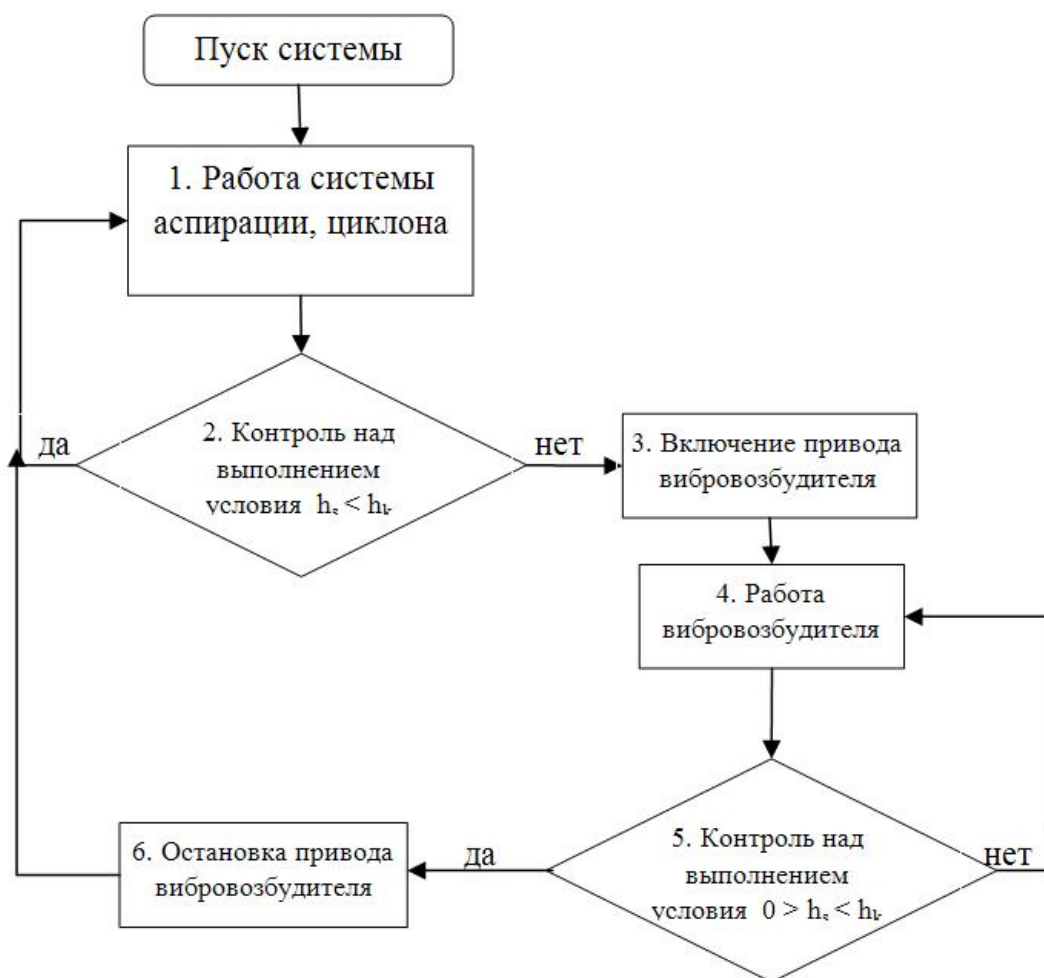


Рисунок 5 – Блок-схема алгоритма процесса работы вибровозбудителя

Оператор 2 - условный, условие:  $hs < hk$ . При увеличении  $hs$  выше критического значения включается оператор 3: Включение привода вибровозбудителя.

4. Работа вибровозбудителя. Управление процессом очистки. Это отдельный алгоритм, рассматриваемый ниже.

5. Контроль над выполнением условия  $0 \geq hs < hk$ .

Оператор 5, является самым важным составляющим всего алгоритма, пп.2. В данном случае используем параметры, описанные в пп.2. для более точного расчета включены и сами параметры вибрации деревообрабатывающего циклона, которые так же рассмотрены в операторе алгоритма пп.3. Оператор условный, условие:  $0 \geq hs < hk$  (или  $hs = 0$ ).

По завершении очистки стенок циклона от внутренних отложений мелкодисперсной пыли ( $hs = 0$ ):

6. Остановка привода вибровозбудителя. Возврат к пп.2.

## Библиографический список

1. Батурин, В.В., Вентиляция машиностроительных заводов [Текст] / В.В. Батурин, В.В. Кучерук — М.: Машгиз; Издание 2-е, перераб. и доп. 1954. 483 с.
2. Вайсберг Л.А. Проектирование и расчет вибрационных грохотов [Текст] / Л.А. Вайсберг — М.: Недра, 1986. 145 с.

**Басова Е.В., Часовских В.П. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)**

## **РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ВИБРАЦИОННОЙ ОЧИСТКИ ВНУТРЕННИХ СТЕН ЦИКЛОНА DESIGNING ALGORITHM TO MANAGE A DUST CLEAN-OUT SYSTEM OF THE VIBRATING TYPE FOR A CYCLONE**

*The article is devoted to managing a dust clean-out system of the vibrating type for a cyclone used in wood processing. It is shown there three levels in the managing. It is described relations between amplitude, frequency, vibration period.*

Наилучшее качество очистки стен циклона от частиц мелкодисперсной древесной пыли зависит от всех процессов, отвечающих за очистку циклона: амплитуды, частоты, времени воздействия вибрации на стенки циклона.

Слишком кратковременная и слабая работа вибровозбудителя не приведет к полной очистке циклона. В лучшем случае осыплется внешний слой отложений пыли, как более рыхлого, наиболее сильно уплотненные места (ближе к стенкам циклона) останутся без изменений. Чрезмерно усиленная работа вибровозбудителя будет сопровождаться сильным шумом, а так же будет приводить к быстрому износу деталей и узлов привода и всего циклона в целом. От сильной амплитуды и частоты работы вибровозбудителя так же большая часть отложений с внутренних поверхностей циклона будет возвращена обратно в пылегазовый поток.

Производить мониторинг процесса очистки внутренних стен циклона возможно с помощью контрольно измерительной аппаратуры, что в свою очередь усложнит процесс отслеживания точности измерений. Пылегазовый поток, состоящий из мелких частиц древесной пыли, в деревообрабатывающем и мебельном производстве, зачастую бывает разной степени засоренности. Приборное отслеживание процесса очистки по степени засорения пылегазового потока достаточно трудоемкий процесс, с большой степенью возникновения ошибки. Для получения более качественного процесса желательно и оптимально, использовать параметры непосредственно и косвенно влияющие на процесс очистки (Вайсберг Л.А. Проектирование и расчет вибрационных грохотов [Текст] / Л.А. Вайсберг — М. : Недра, 1986. - 145 с.).

Необходимо скорректировать поставленные задачи так чтобы осуществлять включение привода вибровозбудителя циклона до полной очистки внутренних стен от отложений. При этом важно соблюдать минимальную амплитуду, максимально эффективно обеспечивающей процесс очистки.

Трудность измерений данных, подвергающихся контролю применяемых как косвенные параметры резонансная частота колебательной системы всей конструкции циклона с вибровозбудителем и амплитуда вынужденных колебаний циклона.

Частота резонанса равно так же, как и искусственное подавление колебаний системы не являются постоянными величинами, они находятся в прямой зависимости от общей массы, в частности, от накопленной массы отложений древесных мелкодисперсных частиц.

Основные задачи системы управления:

1. Бесперебойная работа привода вибратора до выполнения условия  $0 \geq h_s < h_k$ .
2. Обеспечение резонансной частоты.
3. Обеспечение на одном уровне минимально - эффективной амплитуды вибраций.

Блок-схема алгоритма управления вибровозбудителем показана на рис.1. Операторы данного алгоритма:

1. Установки: Вычисление и установка изначальных  $a_{min}$  и  $\omega_{min}$  — значения амплитуды и частоты работы вибратора устанавливаются немного меньше допустимого минимального показателя.

2. Пуск работы привода вибровозбудителя циклона в сети аспирационной системы деревообрабатывающего или мебельного цеха. Происходит запуск работы вибратора на минимальных значениях амплитуды и частоты.

3. Монотонный поиск резонансной частоты всей колебательной системы циклона. Точное и полное описание данного оператора приводится ниже, в аспекте отдельного подалгоритма.

4. Проверка на выполнение условия (частота вибратора,  $\omega_B$  = резонансная частота чистого циклона,  $\omega_{ц}$ ). При соблюдении данного условия внутренние стены циклона первоначально не засорены отложениями частиц древесной пыли, включение вибратора не нужно. Резонансная частота чистого циклона максимально мала. После определения ее значения, практическим путем она заносится в память системы. Если условие не соблюдается, происходит перенаправление к оператору алгоритма 6 ( $\omega_B < \omega_{ц}$ ).

5. Если условие соблюдается (частота вибратора,  $\omega_B$  = резонансная частота чистого циклона,  $\omega_C$ ), система автоматически будет «знать» что циклон чист от отложений, это послужит командой на отключение вибровозбудителя.

6. Проверка выполнения условия ( $\omega_B < \omega_C$ ). В случае если условие действительно соответствует  $\omega_B < \omega_C$ , происходит уменьшение амплитуды вынужденных колебаний, которое возможно при выходе из резонанса всей системы в случае уменьшения массы отложений, сегментированного или полного очищения внутренних стен циклона от отложений из мелкодисперсной древесной пыли.

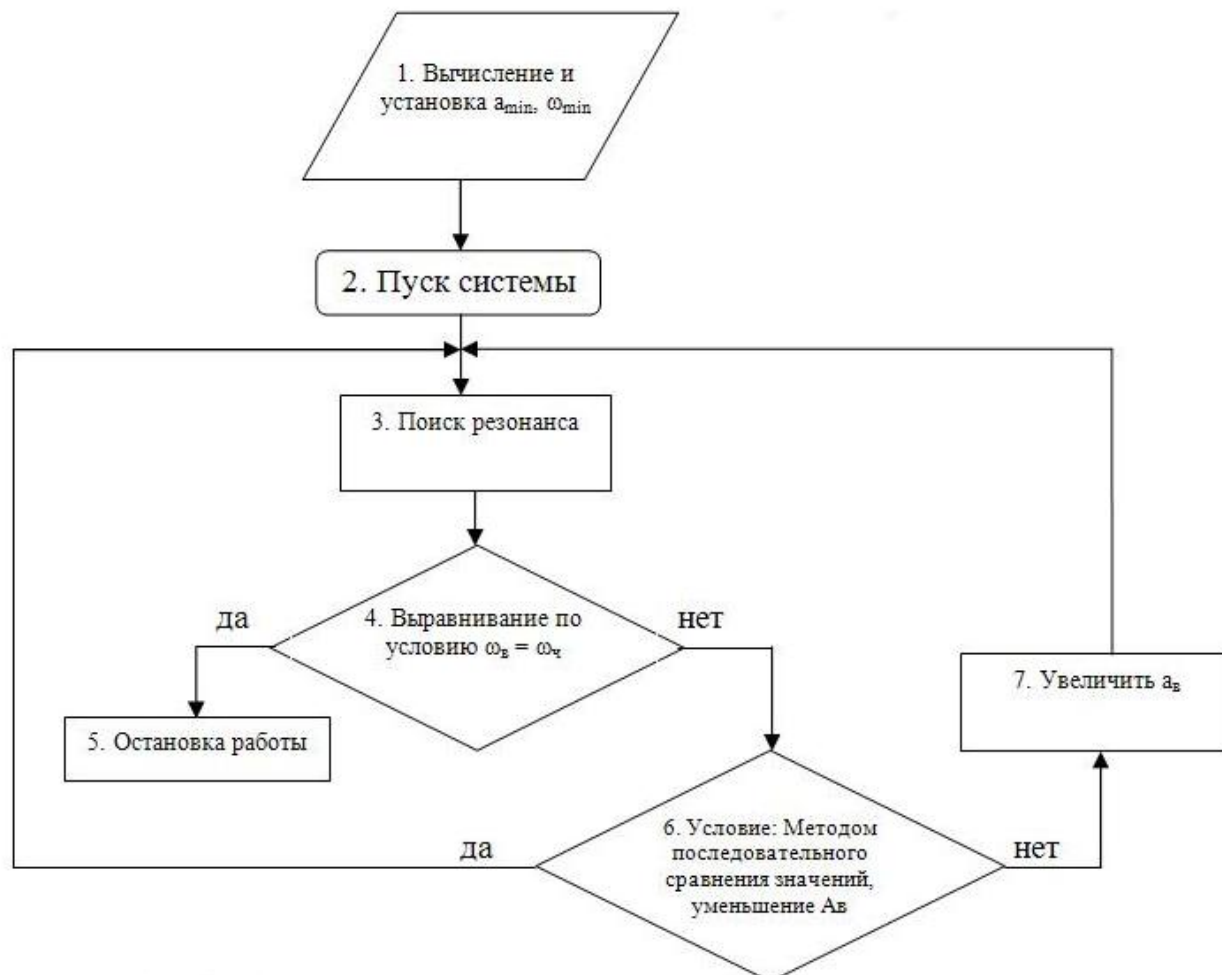


Рисунок 1 – Общий алгоритм системы управления вибровозбудителем на циклон

Условие уменьшения амплитуды вибровозбудителя - это переход к оператору 3 — поиску резонансной частоты всей колебательной системы циклона. Если необходимо уменьшение  $A_B$  - значит, масса циклона не изменилась, что говорит о том, что очистка не осуществляется.

7. Монотонное и постепенное увеличение на один шаг амплитуды  $a_B$  вибровозбудителя. Переход оператору 3 — поиску резонансной частоты всей колебательной системы циклона.

Блок-схема подалгоритма поиска резонансной частоты приведена на рис. 2. Операторы подалгоритма следующие:

1. Пуск системы поиска резонансной частоты колебательной системы вибровозбудителя. Происходит запуск системы, начинается отбор оптимального значения резонансной частоты.

2. Предустановка: Замер и установка, которая производится сразу при запуске системы значений  $A_B^{\text{нач}}$  - начальной амплитуды вибровозбудителя. Производится установка  $i = 1$ . Запоминание значений системой.

3. Цикл — Функционирование цикла при условии повторение последовательности работы операторов 4 ... 7, до получения экстремума процесса. При экстремуме, амплитуда вибровозбудителя  $A_B$  с изменением частоты  $\omega_B$ , уже не меняет своего показателя (при этом приращение  $\Delta = 0$ ).

Операторы в цикле 3:

4. Производим увеличение индекса счета на одну единицу.  $i + 1$ .

5. Производим увеличение частоты вибрации (приращение):  $\omega_B = \omega_B + \delta$ .

6. Запись в памяти программы величины значения  $A_B$  и замер нового значения.

7. Производим сравнение полученного значения амплитуды вибровозбудителя  $A_B$  с предшествовавшим значением, по уравнению:  $\Delta = A_i - A_{i-1}$

8. Выход из цикла осуществляется:

При  $\Delta > 0$ , повторение последовательности операторов подалгоритма поиска резонансной частоты.

При  $\Delta < 0$ , поиск резонансной частоты завершен. Резонанс найден, выход с подалгоритма в основной алгоритм управления вибровозбудителем.

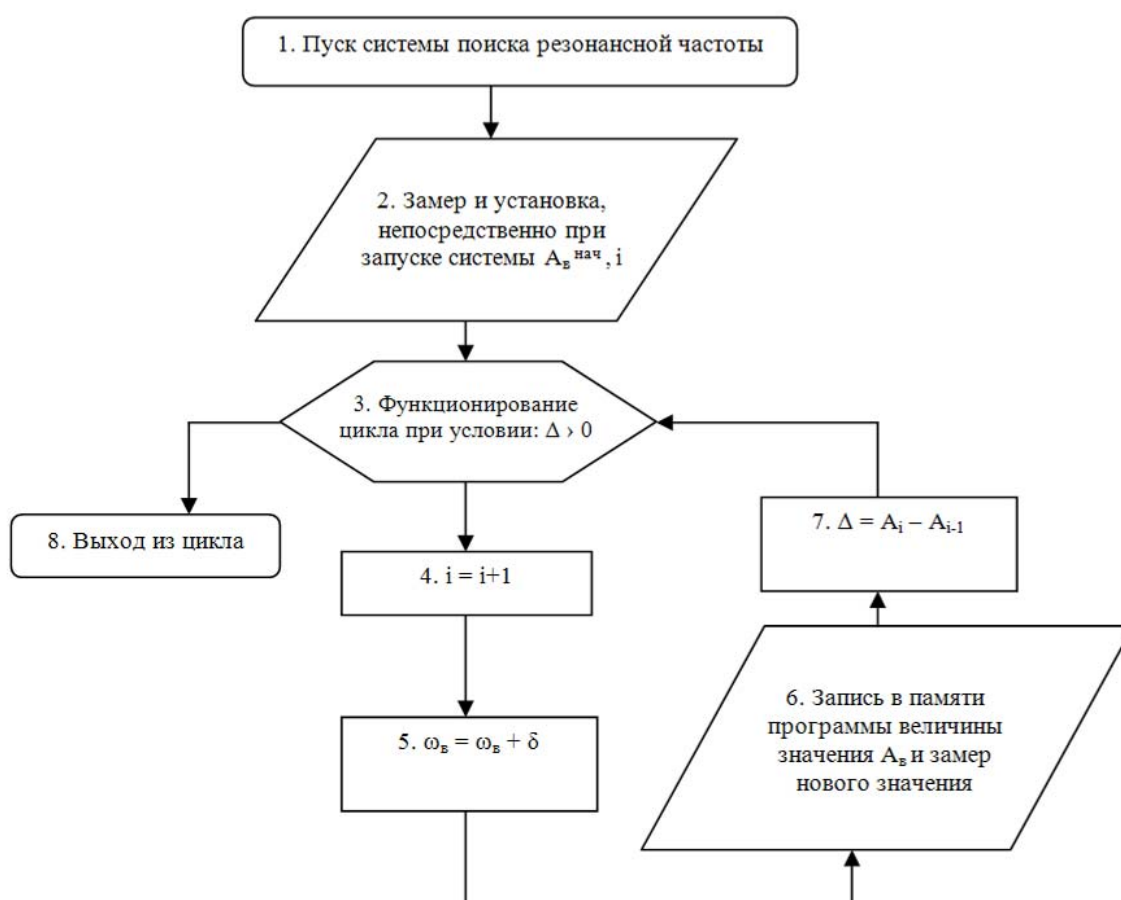


Рисунок 2 – Подалгоритм поиска резонансной частоты

Все значения предустановок основных алгоритмов и подалгоритмов вычисляются или могут определяться практическим путем в процессе работы вибровозбудителя. При наладке основного алгоритма управления вибровозбудителем, на каждом конкретном циклоне, в отдельно взятом деревообрабатывающем или мебельном цехе, необходимо учитывать, что выбор величины амплитуды вибратора, должен быть очень близко к минимальному значению, тогда сократится количество шагов для управления.

Резонансная частота незагрязненного, отложениями из частиц пыли на стенах, циклона  $\omega_{ц}$ , может определяться автоматическим путем в самом начале работы циклона, которая сразу же заносится в память системы.

Достаточно сложно определить оптимально интервал времени переключения частот подсистемы поиска экстремума, его возможно просчитать только приблизительно в зависимости от времени, отделения частиц пыли, отложений с внутренних стен циклона, до момента их полного сброса. Интервал времени переключения частот подсистемы поиска экстремума, принимается как среднее значение экспериментальных наблюдений.

В среднем данный интервал времени приходится в промежутке от 3,0 до 9,0 секунд. Настолько обширный промежуток времени напрямую зависит от технических параметров циклона и дисперсного состава пылегазового потока.

Основное условие завершения работы алгоритма очистки внутренних стен циклона от пылевых отложений, это полное или максимальное совпадение частоты вынужденных колебаний циклона с резонансной частотой чистого циклона.

Дополнительно необходимо установить контроль слоя отложений на внутренних стенах циклона.

Приведенные алгоритмы ориентированы на поиск следующих экстремумов:

1. Максимум степени очистки внутренних стен от отложений древесной пыли, при минимуме амплитуды вибрации циклона.
2. Оптимальная резонансная частота, обеспечивающая максимум амплитуды вынужденных колебаний циклона.

При рассмотрении первого алгоритма можно выделить такие индивидуальные черты:

- однонаправленная работа на поиск оптимальных значений.

Скорость роста толщины отложений на внутренних стенках циклона, в несколько раз меньше, чем скорость сброса отложений при удалении. Таким образом, процесс очистки можно описать как однонаправленный процесс.

Индивидуальность второго алгоритма:

- значение резонансной частоты выявляется непосредственно в процессе очистки циклона от отложений. При этом в ходе поиска резонансной частоты часто происходит изменение таких параметров системы, как сама резонансная частота, так и амплитуда вынужденных колебаний.

С данными характеристиками системы следует непосредственно связать явления «вертикального и горизонтального дрейфа» экстремума.

Вертикальный дрейф: в процессе очистки, при движении амплитудного значения к максимальному экстремуму и при этом частота вибратора вдруг падает, вполне может создаться ложная видимость, что движение резко меняет свое направление на противоположное – от экстремума. Подобное явление представлено на рис. 3.

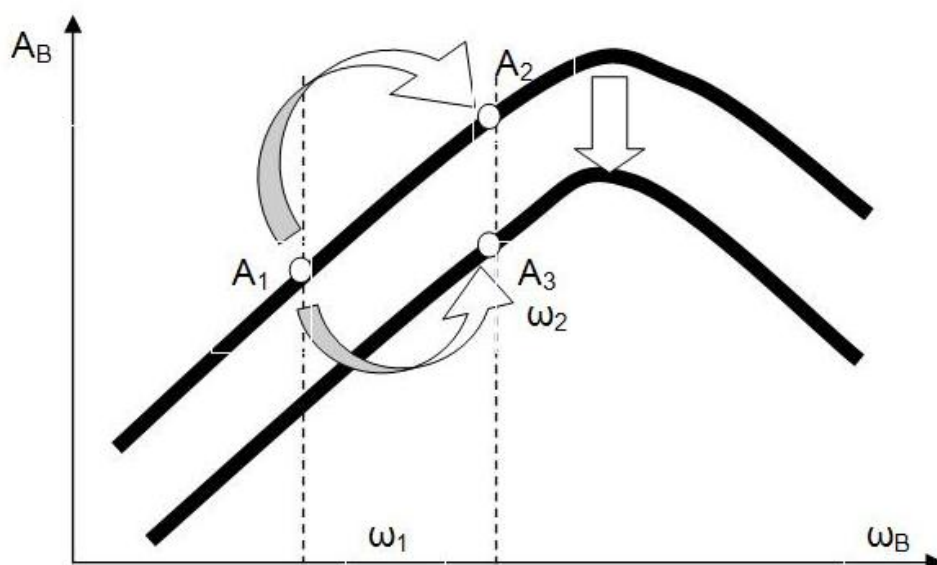


Рисунок 3 – Вертикальный дрейф

В момент изменения регулятором от частоты  $\omega_1$  до частоты  $\omega_2$  в сторону максимального экстремума резонансной линии, сама резонансная кривая уйдет вниз. В этот период может показаться, что, несмотря на движение в сторону экстремума, амплитуда вынужденных колебаний станет меньше — переход из точки  $A_1$  в точку  $A_3$ , а не в соответствующую прежней характеристике точку  $A_2$ .

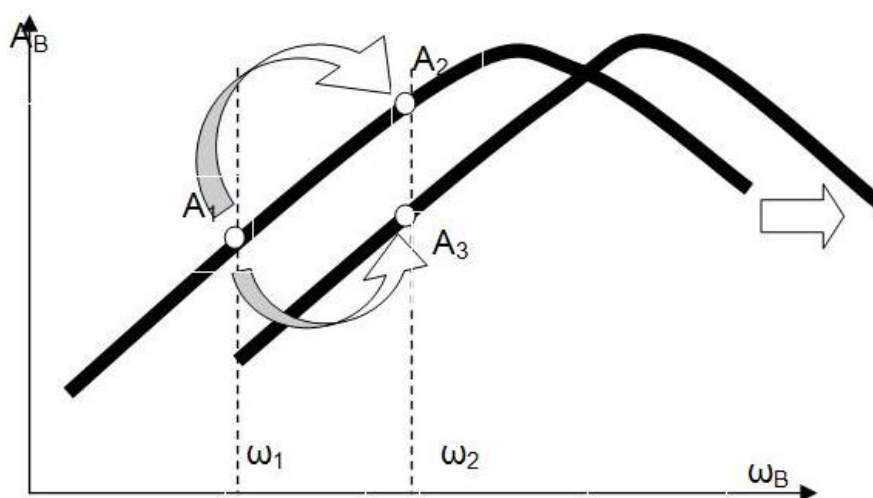


Рисунок 4 – Горизонтальный дрейф

Во время вертикального дрейфа система вместо сигнала о росте амплитуды получит сигнал об уменьшении амплитуды и создаст ложное представление об уходе от максимального пика экстремума. Соответственно система даст команду сделать шаг назад и реальный уход от пика экстремума. Вертикальный дрейф делает процесс нахождения максимального экстремума амплитуды более длительным, но так как процесс очистки, сам по себе однонаправленный, сложностей это не принесет.

Влияние горизонтального дрейфа

Горизонтальный дрейф: смещение частотной характеристики вдоль оси частот. Этот процесс разобран на рис. 4.

Если частотная характеристика смещается вправо настолько, что сигнал вместо увеличения уменьшится, за один шаг регулятора в сторону максимума системы, то регулятор увидит в этом, движение в сторону от максимума и произведет реверс.

По всему вышесказанному можно сделать вывод, что система управления очисткой внутренних стен циклона от отложений имеет три уровня:

Первый – Импульсная система пуска вибратора, при условии, что толщина налипания слоя древесных пылевых отложений, на внутренних стенках циклона становится большей заданных значений.

Второй – Подсистема автоматического режима очистки. Автоматическое регулирование частоты и амплитуды вибрации.

Третий – Подсистема автоматического поиска резонансной частоты. Максимум очистки при минимальной амплитуде вибрации.

**Болдырев В.С., Цуриков И.А.**

(ВГЛТА, г. Воронеж, РФ) [ivancurikov@mail.ru](mailto:ivancurikov@mail.ru)

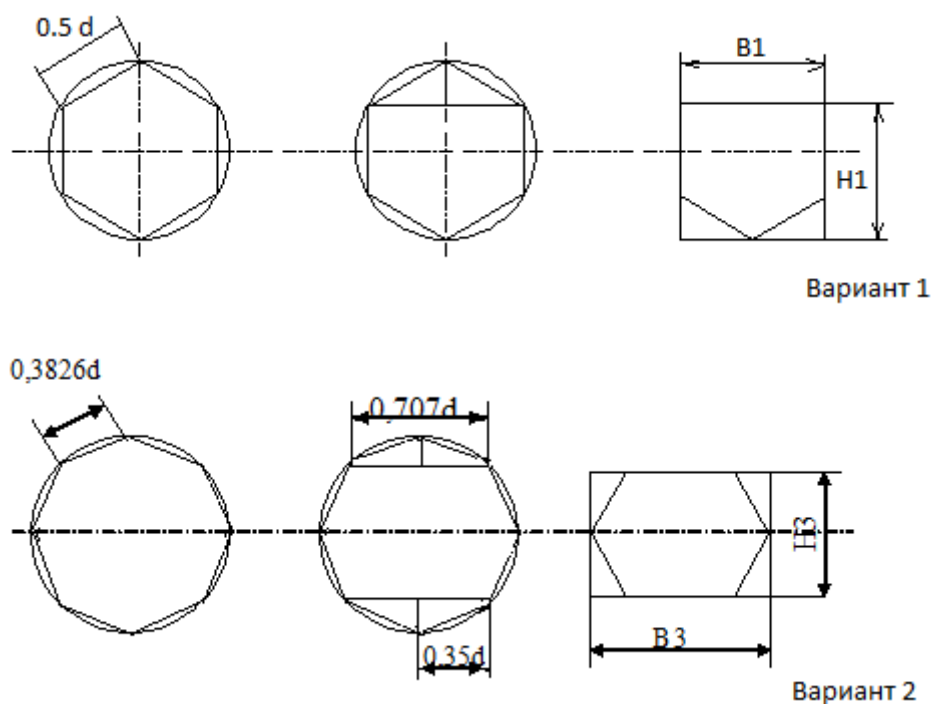
## **ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБА ИЗГОТОВЛЕНИЯ КЛЕЕНЫХ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ ИЗ ФРАГМЕНТОВ БРЕВЕН НЕПРЯМОУГОЛЬНОГО СЕЧЕНИЯ** *MANUFACTURING GLUED TIMBER PRODUCTS USING LOGS OF NON-RECTANGULAR CROSS SECTION*

*Increased volume yield up to 70% is available by using small diameter logs which are sawn into profiles of non-rectangular cross sections and then glued into rectangular profiles.*

Повышение объемного выхода пиломатериалов из бревен, в частности тонкомерных является актуальной задачей лесопильной промышленности. Одним из возможных направлений ее решения является распиловка бревен на фрагменты непрямоугольного сечения и их склеивание в прямоугольные блоки. Последние могут быть самостоятельной продукцией или распилены на соответствующие полуфабрикаты.

Нами изучался призмочно-совмещенный способ изготовления клееных пиломатериалов (А.С. 490651 СССР, МКИ<sup>1</sup> В27Д 1/100. Способ получения клееных заготовок радиальной распиловки / В.А. Червинский – Оpubл. 05.11.75, Бюл. №41) путем выпиливания из оцилиндрованных бревен шестигранных (рисунок 1, вариант 1) и восьмигранных (рисунок 1, вариант 2) призм с последующим их раскромом соответственно на пяти- и шестигранные неправильные призмы, и призмы с сечением в виде прямоугольных треугольников. После сушки все фрагменты склеиваются в прямоугольные блоки в соответствии с рисунком 1.





$H_1, H_2$  – толщина блока;  $B_1, B_2$  – ширина блока.

Рисунок 1 – Схемы двух вариантов получения клееного блока призматическим способом из оцилиндрованных бревен

С помощью разработанного нами аналитического аппарата были определены размеры (таблица 1), объемы (таблица 2), объемные выходы клееных блоков (рисунки 2 и 3) и сухих обрезных пиломатериалов (рисунок 4) из бревен разных диаметров и длин.

Таблица 1 – Размеры поперечного сечения клееных блоков, получаемые при раскросе бревен призматическим способом

Диаметр бревен, d, см	Вариант 1		Вариант 2	
	$H_1$	$B_1$	$H_2$	$B_2$
14	105	121,24	98,98	140
16	120	138,56	113,12	160
18	135	155,88	127,26	180
20	150	173,2	141,4	200
22	165	190,52	155,54	220
24	180	207,84	169,68	240
26	195	225,16	183,82	260
28	210	242,48	197,96	280
30	225	259,8	212,1	300
32	240	277,12	226,24	320
34	255	294,44	240,38	340
36	270	311,76	254,52	360
38	285	329,06	268,68	380
40	300	346,4	282,8	400
42	315	363,72	296,94	420

Объемы клееных блоков из шестигранных и восьмигранных призм вычислили соответственно по формулам (1) и (2):

$$V1=0,65 \cdot d^2 L, \quad (1)$$

$$V2=0,707 \cdot d^2 L, \quad (2)$$

где  $d$ ,  $L$  – соответственно диаметр и длина бревна, м.

Таблица 2 – Объемы клееных блоков, полученных при раскросе бревен  
призменно-совмещенным способом

Диаметр бревен, $d$ , см	Объёмы клееных блоков ( $m^3$ ) для бревен разных длин, м					
	1	2	3	4	5	6
Вариант 1						
14	0,01273	0,02546	0,03819	0,05092	0,06365	0,7638
16	0,01662	0,03325	0,04986	0,06651	0,0831	0,9972
18	0,02104	0,04209	0,06312	0,08418	0,1052	0,12624
20	0,02598	0,05196	0,07794	0,10392	0,1299	0,15588
22	0,03144	0,06287	0,09432	0,12574	0,1572	0,18864
24	0,03741	0,07482	0,11223	0,14964	0,1871	0,22446
26	0,04391	0,08781	0,13173	0,17562	0,2196	0,26346
28	0,0509	0,1018	0,1527	0,20368	0,2545	0,3054
30	0,05846	0,1169	0,17538	0,2338	0,2923	0,35076
32	0,06651	0,1330	0,19953	0,2660	0,3326	0,3996
34	0,07508	0,15002	0,2252	0,3003	0,3754	0,4505
36	0,08418	0,16835	0,2525	0,3367	0,4209	0,5051
38	0,09379	0,18758	0,28137	0,3752	0,46895	0,5627
40	0,1039	0,2078	0,3117	0,4157	0,5195	0,6234
42	0,11457	0,22914	0,3437	0,45829	0,5729	0,6874
Вариант 2						
14	0,013857	0,02771	0,4161	0,05543	0,069285	0,08322
16	0,01810	0,0362	0,543	0,0724	0,0905	0,1086
18	0,02291	0,04581	0,6873	0,09163	0,11455	0,13746
20	0,02828	0,05656	0,8484	0,11312	0,1414	0,16968
22	0,3422	0,06844	0,10266	0,13688	0,1711	0,20532
24	0,04072	0,08143	0,12216	0,16289	0,2036	0,24432
26	0,04779	0,09559	0,14337	0,19117	0,23895	0,28674
28	0,05543	0,11086	0,16629	0,2217	0,27715	0,33258
30	0,06363	0,12766	0,19089	0,2545	0,31815	0,38178
32	0,0724	0,14479	0,2172	0,2896	0,362	0,4344
34	0,08173	0,16346	0,24515	0,3269	0,40865	0,49038
36	0,09163	0,18325	0,27489	0,36651	0,45815	0,54978
38	0,1021	0,2042	0,3063	0,40836	0,5105	0,6126
40	0,11312	0,22624	0,33936	0,45248	0,5656	0,6787
42	0,12471	0,2494	0,37413	0,49886	0,62355	0,74826

Приведенные в таблице данные могут быть использованы при составлении планов раскросы бревен для получения клееных блоков и пиломатериалов.

Объемный выход (в процентах) клееных блоков из бревен вычислялся по следующим формулам:

$$\text{для первого варианта} - Q_1 = 0,65 \cdot d_2 \cdot LV_6 \cdot 100, \quad (3)$$

$$\text{для второго варианта} - Q_2 = 0,707 \cdot d_2 \cdot LV_6 \cdot 100, \quad (4)$$

где  $V_6$  – объем бревна, соответствующий длине блока,  $m^3$ .

Установлено, что объемный выход клееных блоков из цилиндрических бревен не зависит от их диаметра и длины, и составляет 82,74 % для первого варианта и 90,06 % - для второго варианта.

Зависимость объемного выхода клееных блоков от толщины и длины неоцилиндрованных бревен иллюстрируют рисунки 2 и 3.

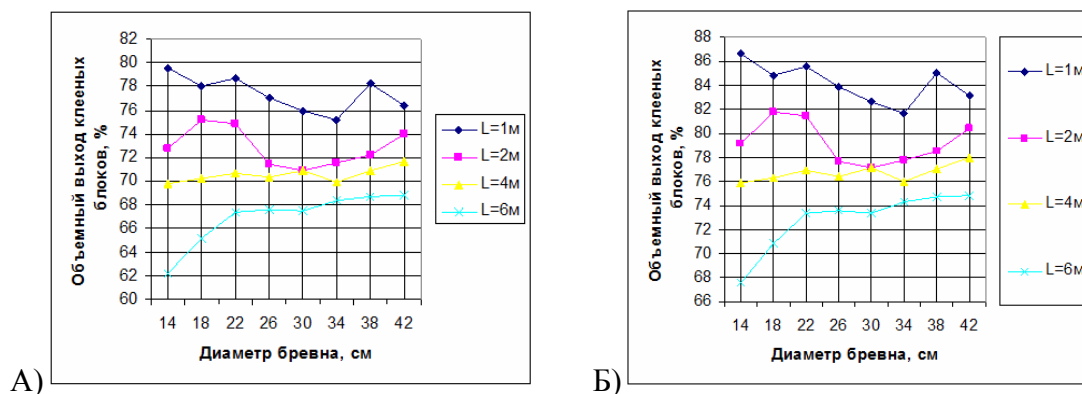


Рисунок 2 – Зависимость объемного выхода клееных блоков из шестигранных (а) и восьмигранных (б) призм от диаметра бревен разной длины

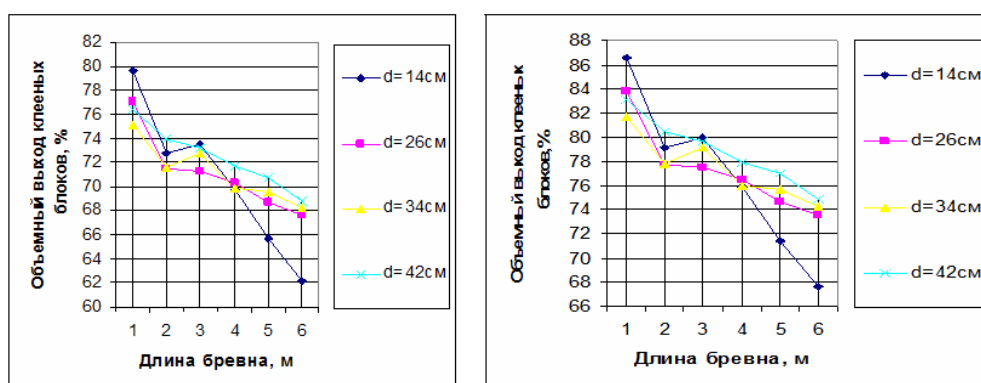


Рисунок 3 – Зависимость объемного выхода клееных блоков из шестигранных (а) и восьмигранных (б) призм от длины бревна для бревен разных диаметров

Из рисунков следует, что объемный выход клееных блоков обоих вариантов слабо зависит от диаметра сырья и существенно от его длины. В диапазоне от одного до двух и от четырех до шести метров объемный выход клееных полуфабрикатов резко падает, в пределах от двух до четырех метров – практически не изменился. Причем наибольшее его значение (70-87 %) принадлежит коротким (до 4 м) и малой толщины (до 22 см) бревнам, а наименьшие (62-70 %) – длинномерным (более 4 м) сортаментам.

Объемный выход клееных блоков из восьмигранных призм примерно на 6,2 % превышает аналогичный показатель из шестигранных призм.

Клееные блоки могут быть распилены на доски. Их ширина определяется расчетной шириной или высотой блока. Толщина и количество досок в блоке принимается исходя из следующих условий:

- номинальные толщины должны быть приняты по спецификации на пиломатериалы, с учетом припусков на усушку;
- ширина пропила устанавливается в соответствии с имеющимся оборудованием для раскроя блоков;
- суммарная величина толщин досок с припусками на усушку и шириной пропилов должна отличаться от расчетного размера блока на величину, не превышающую допустимого отклонения от номинального размера крайней доски.

С учетом этого были рассчитаны объемные выходы обрезных досок оптимальных толщин из бревен диаметром 14-42 см и длиной 4 м при их раскрое брусоразвальным способом и призмечно-совмещенным способами. Ширина пропила составила 3,6мм. Результаты расчетов представлены на рисунке 4.

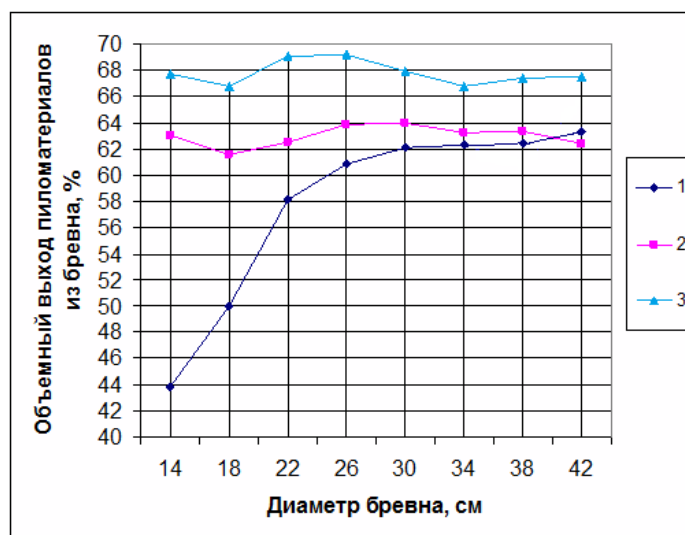


Рисунок 4 – Зависимость объемного выхода обрезных пиломатериалов от диаметра бревен длиной 4 м при их раскрое призмечно-совмещенным способом по варианту 1-2, варианту 2-3 и брусоразвальным способом 1

Графические данные рисунка показывают, что величины объемного выхода обрезных пиломатериалов для варианта 1 и 2 не зависят от диаметра бревен. Превышение же объемного выхода досок при призмечно-совмещенном способе раскроя над объемным выходом досок при брусоразвальном способе раскроя бревен существенно лишь для бревен диаметром от 14 до 22 см и составляет 10 % и более.

Вывод: раскрой бревен толщиной 14-22 см и длиной не более 4 м призмечно-совмещенным способом позволяет увеличить объемный выход обрезных пиломатериалов на 10 % и более по сравнению с их раскроем традиционным брусоразвальным способом.

**Ветошкин Ю.И., Корелин Д.В., Казакова А.В., Михайлов В.Е.**  
(УГЛТУ, Екатеринбург, РФ) [DimitriyKo@gmail.com](mailto:DimitriyKo@gmail.com)

## **ПРИМЕНЕНИЕ ШЛИФОВАЛЬНЫХ КРУГОВ НА ППУ ОСНОВЕ** **USING POLYURETHANE GRINDING WHEELS**

*Grinding trim and moldings is one of the most labour-intensive operations. Proposed new grinding tools allow to get both high quality products and increase productivity.*

В быту человека, в качестве декоративных элементов мебели или отделки помещений, нередко применяются изделия из древесины, имеющие сложный профиль. Это различные карнизы, плинтуса, багеты, декоративные накладки, перила и т.д. Они обычно выпускаются в виде погонажных изделий в больших объемах. И зачастую производители не уделяют должного внимания механической обработке получаемых профильных изделий, а в частности – операции шлифования, из-за отсутствия необходимого шлифовального инструмента и оборудования.

В последнее время на рынке появились новые шлифовальные инструменты зарубежного производства – шлифовальные круги, отличающиеся высокой износостойкостью и хорошим качеством обработки.

Данная группа шлифовальных инструментов способна выполнять следующие операции:

- выравнивание поверхности;
- обработку в размер (калибрование);
- закругление и снятие провесов, фасок;
- удаление ворса;
- чистовое шлифование.

На кафедре МОД УГЛТУ совместно с ЗАО УЦРНТ «Шлифполимер» (г. Кыштым) были разработаны и получены опытные образцы шлифовальных кругов на ППУ основе, а совместно с кафедрой станков и инструментов был разработан станок модели ШлПр для шлифования погонажных изделий с использованием шлифовальных кругов.

Технологическая схема станка представлена на рис.1.

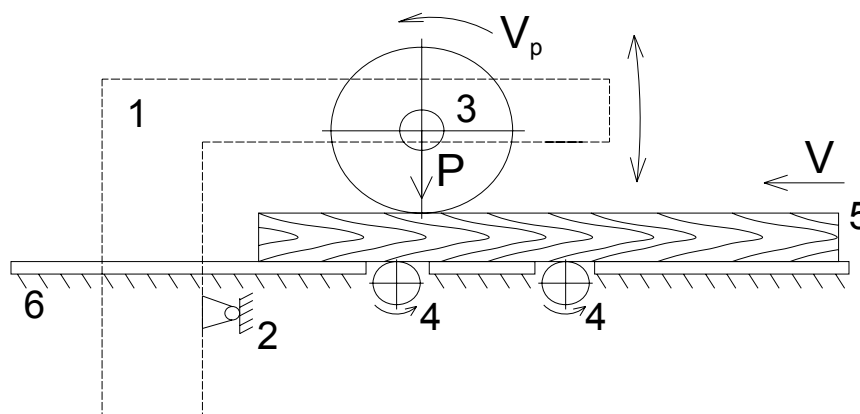


Рисунок 1 – Технологическая схема станка для шлифования профильных погонажных деталей: Поворотная рама 1, шарнир 2, шлифовальный шпиндель с абразивным элементом 3, резиновые ролики 4, заготовка 5, стол 6

Принцип работы станка заключается в прижиге шлифовального круга 3 к заготовке 5, за счет собственного веса  $P$  поворотной рамы 1 имеющей смещенный центр тяжести со стороны шлифовального круга. Движение заготовки и вращение круга встречное. Два резиновых подающих ролика 4 обеспечивают хорошее сцепление с заготовкой, что не допускает её вылет. Конструкция отличается простотой регулировки и обслуживания.

На данном станке проводились исследования опытных образцов шлифовальных кругов на ППУ основе. В частности изучались следующие параметры: стойкость кругов, их расход, качество шлифуемой поверхности. Определение сил резания: главная составляющая силы резания  $F_x$  и радиальная составляющая  $F_y$  проводились на лабораторной установке НГФ-110Ш4 (рис. 2). Исследования проводились с целью выявления оптимальной рецептуры компонентов ППУ и абразива.



Рисунок 2 – Лабораторная установка марки НГФ-110Ш4 по определению сил резания

Для проведения экспериментов были отобраны строганные сосновые заготовки, как наиболее распространенная порода в производстве мебели. Шлифовальные круги устанавливались на станок и попеременно подавались заготовки длиной 1 м. по 10 штук. При этом замерялся диаметр шлифовального круга до шлифования и после, разница показывала расход инструмента на 10 метров шлифуемой древесины. После каждого метра шлифованной древесины фиксировалось закаливаемость круга, и определялась стойкость инструмента. После шлифования, с помощью прибора ТСП-4 определялась шероховатость поверхности. Для определения сил резания на главном валу лабораторной установки НГФ-110Ш4 зажимался шлифовальный круг, на стакане с тензодатчиками закреплялась заготовка. Для процесса шлифования устанавливались следующие параметры резания: скорость подачи заготовки 1 м/мин, частота вращения шлифовального круга  $800 \text{ мин}^{-1}$ . Шлифование проводили с изменением высоты шлифуемого слоя от 0 до 0,075 мм. При данной высоте снимаемого слоя не наблюдалось засаливания инструмента.

Данные с тензодатчиков передавались на ПК и сигнал обрабатывался в специализированной программе LabVIEW. Далее данные импортировались в пакет Matlab, где проводилась предварительная обработка. Окончательная обработка, сравнение и построение графиков проводили в пакете Microsoft Excel.

По результатам экспериментов, среди испытуемых образцов шлифовальных кругов, был выделен наилучший, имеющий следующие показатели.

Таблица 1 – Параметры шлифовального круга на ППУ основе

Показатель	Значение
Плотность, г/см <sup>3</sup>	0,590
Содержание абразива по массе, %	49,2%
Расход, износ круга на 10 м, %	0,55%
Высота неровностей шлифованной поверхности, мкм	18 мкм
Содержание абразива на поверхности шлифовального круга, шт., на дуге в 90 <sup>0</sup> шириной 0,2 мм, (размер зерен, мкм)	35
Удельная сила резания, МПа (Н/мм <sup>2</sup> )	0,49
Примечание	засаливания не наблюдается, легко профилируется

Из таблицы видно, что круг обладает хорошими показателями шлифования:

- обеспечивает необходимую шероховатость поверхности древесных заготовок под прозрачную отделку (16 – 32 мкм);
- обладает минимальной засаливаемостью;
- позволяет обрабатывать достаточно большое количество погонажа (до 6 км погонажа с диаметр круга 300 мм).

Это дает возможность внедрять данные шлифовальные круги в производственный процесс на отечественном рынке. А совместная эксплуатация станка и шлифовальных кругов на ППУ основе позволит резко повысить производительность и качество выпускаемой продукции.

На данный момент ведутся работы по совершенствованию станка по шлифованию как погонажа, так и фигурейных плоскостей, а так же разрабатывается наиболее эффективная рецептура компонентов шлифовального круга, для обеспечения более низкого расхода шлифовального круга на ППУ основе.

## Библиографический список

1. Ветошкин, Ю. И. Абразивные шлифовальные круги на основе ППУ [Текст] / Ю. И. Ветошкин, Д. В. Корелин // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России: материалы VII Всерос. научн.-техн. конф. / Екатеринбург, 2011. – Ч. 2. – С. 367.
2. Глебов, И. Т. Справочник по резанию древесины [Текст] / И. Т. Глебов, В. Г. Новоселов, Л. Г. Швамм; Урал. гос. лесотехн. акад. Екатеринбург.: 1999. С. 190.

**Ветошкин Ю.И., Чернышев О.Н., Чернышев Д.О.**

*(УГЛТУ, Екатеринбург, РФ)*

## **ИННОВАЦИОННЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ** **INNOVATIVE COMPOSITE MATERIALS**

*The paper presents new board composition developed in the laboratory in Wood Processing Department (USFEU). It is shown physicommechanical properties of boards produced on the base of composite materials are not worse than particleboards demonstrate. X-ray protection levels might be regulated.*

Композиционные материалы используются во всех областях науки, техники, промышленности: в жилищном и промышленном строительстве, общем и специальном машиностроении, металлургии, химической промышленности, энергетике, электронике, бытовой технике, производстве одежды и обуви, медицине, спорте, искусстве и т.д.

Характерной особенностью композиционных материалов является возможность объединения полезных свойств отдельных компонентов и проявление ими новых свойств, отличных от свойств компонентов. Во многих случаях композиционные материалы разрабатываются и создаются одновременно с конструкцией.

Интерес к созданию композиционных материалов обусловлен тем, что традиционные материалы уже не всегда или не вполне отвечают потребностям современной инженерной практики.

В условиях углубления экономических реформ и рыночных взаимоотношений всем нужно находить наиболее простые эффективные способы производства материалов, используя более дешевое сырье для получения качественной продукции приносящую большую прибыль. Одним из стратегических направлений в развитии лесопромышленного комплекса России является получение материалов с ранее задаваемыми свойствами, способными расширить их область применения. Для расширения ассортимента и рынка сбыта готовой продукции был проведен поиск новых областей использования древесных плитных материалов в строительстве.

В производственных процессах лесоперерабатывающих предприятий, наряду с получением основной продукции, неизбежно образуются остатки сырья и материалов, которые после дополнительной переработки могут быть использованы в народном хозяйстве. К таким вторичным ресурсам относятся: отходы лесозаготовок, лесопиления, деревообработки, сельскохозяйственных, гидролизно-дрожжевых, целлюлозно-бумажных, картонных и др. производств.

Расширение использования древесных отходов в различных видах производств имеет экологическое значение: одновременно позволяет решать задачи по утилизации отходов и защиты окружающей среды от загрязнения.

Известны, но не доведены до промышленного применения, разнообразные технологии по использованию отходов в производстве: строительных материалов, получения топлива, нужд с/х, для очистки сточных вод и другие. Например, конструкционные и строительные материалы: арболит, королит, коропласт, элстар, тырсолит, различные теплоизоляционные и плитные материалы, в том числе облегченной конструкции.



Древесные композиционные материалы могут изготавливаться на основе, так называемых отходов и низкокачественных лесоматериалов, путем прессования, прокатывания, литья под давлением.

Древесные композиты позволяют изготавливать из них любые элементы интерьера, в том числе внутренние перегородки, интерьерный архитектурный декор, полы, настенные облицовки, встроенное оборудование. Домашний, служебный и общественный интерьер представляет собой гигантское поле для применения множества разнообразных конструкционных и строительных материалов. Особенно активно данный сектор возможного применения композитов прорабатывается в Европе, Японии, Китае и некоторых других странах. Тема проблем древесных композиций активно обсуждается на различных европейских конференциях.

Другая область использования композиционных материалов - защита от излучения в рентгенодиагностических кабинетах, которые нормируются «Санитарными правилами и нормами СанПин 2.6.1.1192-03», а также ОСПОРБ-99 и НРБ-99. Данные правила распространяются на проектирование, строительство, реконструкцию и эксплуатацию рентгеновских кабинетов независимо от их ведомственной принадлежности и формы собственности, а также на разработку и производство рентгеновского медицинского оборудования и защитных средств.

Очень часто возникает вопрос о замене свинца каким-либо другим более экологически безопасным материалом. В настоящее время на отечественном рынке предлагается широкая гамма разнообразных материалов, способных выполнять роль защиты от  $\gamma$ -излучения, в том числе и в качестве замены свинца.

Для ориентировочного определения свинцового эквивалента при рентгеновском излучении используется соотношения кратности ослабления и величины свинцового эквивалента, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Соотношение кратности ослабления и значений свинцового эквивалента

Кратность ослабления	17	30	40	75	125	200	520	2000
Свинцовый эквивалент, мм	0,25	0,35	0,5	0,75	1	1,3	1,5	2,0

Разработка композиционных материалов облицовочных, декоративных, специального назначения и проектирование изделий из них, должно осуществляться с учетом технологических, эксплуатационных и других потребительских свойств материала.

В лабораторных условиях кафедры МОД УГЛТУ разработана рецептура древесно-клеевой композиции и определено количества наполнителя, обеспечивающего достаточные защитные свойства, а также ориентировочная технология изготовления композиционного материала, которая принципиально не отличается от технологии производства древесностружечных плит.

Проведены испытания лабораторных образцов для определения основных физико – механических и защитных свойств. Физико-механические показатели плит на основе композиционного материала не уступают свойствам существующих древесностружечных плит (таблица 2).

Таблица 2 – Основные технические характеристики плитных материалов

п/п	Наименование показателя	Композиционный материал	ДСТП ГОСТ 10632 – 89
1	Влажность плиты, %	6 - 8	8
2	Водопоглощение, %, не более	15	15
3	Разбухание по толщине, %	23	30
4	Предел прочности при статическом изгибе, МПа не менее для толщин 10- 14 мм	16, 38	15,69
5	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	1200 -1800	550 - 750
6	Шероховатость поверхности, мкм	300	500
7	Средний свинцовый эквивалент, мм Pb	0,3-1	-

Степень защиты полученного материала от рентгеновского излучения можно регулировать в зависимости от требований заказчика. Результаты оценки защитных свойств полученного материала выполнены при жестком (пучковом) излучении и дают положительные результаты (рис. 1).

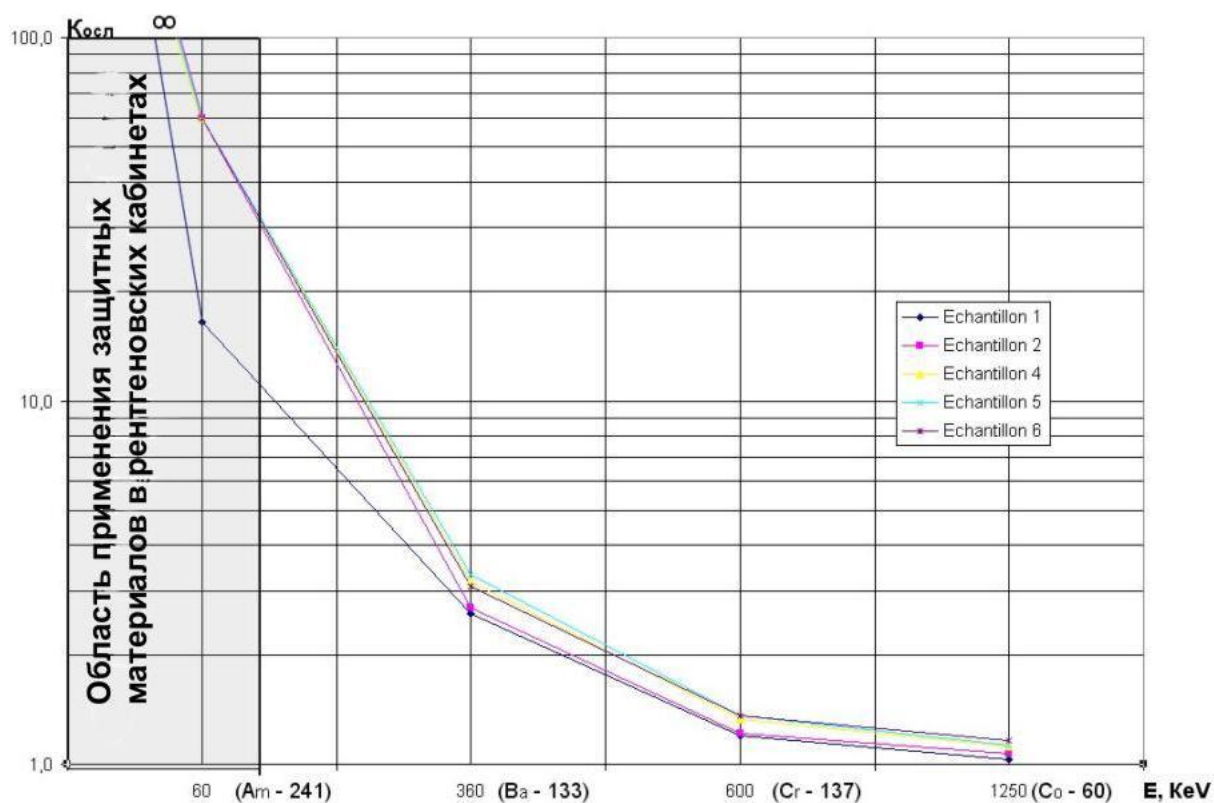


Рисунок 1 – Результаты проверки экспериментальных образцов композиционного материала различных конструкций по защитным свойствам от ионизирующего излучения (заштрихованная зона – применение композиционных материалов для оформления рентгенкабинетов)

Проведенные поисковые эксперименты показывают, что разработанный композиционный материал с защитными свойствами от рентгеновского излучения, его структура (рис. 2) и технология получения показывают перспективность производства данного материала. Разработанный композиционный материал может быть использован как защитный материал от рентгеновского излучения, для его изготовления можно использовать отходы деревообработки. Материал рекомендуется применять при оборудовании рентгеновских кабинетов, для обшивки стен, пола, потолков, изготовления ширм, дверных блоков и др. (рис. 3.) Выпускаемая продукция составит конкуренцию существующим строительным материалам для обустройства помещений, требующих защиты от рентгеновского излучения.

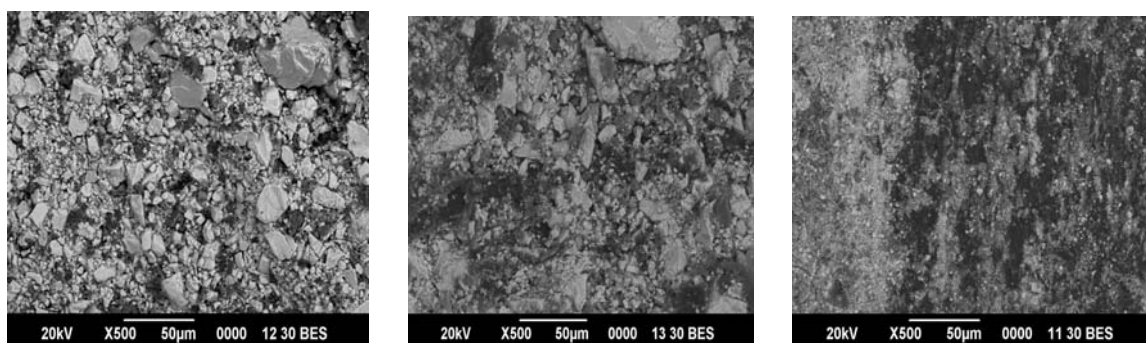


Рисунок 2 – Микрофотографии структуры композиционного материала (распределение частиц наполнителя в стружечноклеевой среде)



Рисунок 3 – Общий вид композиционных материалов

**Газеев М.В., Мосяев Н.В. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)**

## **К ВОПРОСУ АЭРОИОНИФИКАЦИИ В ТЕХНОЛОГИИ ДЕРЕВООБРАБОТКИ SOME ASPECTS AIR IONIZATION APPLIED TO WOOD TECHNOLOGY**

*The air ionization is a new technique of intensification of drying lacquer and glutinous compositions, by influence on them of active forms of oxygen in electric field, and also their updating.*

В современной деревообрабатывающей и мебельной промышленности в процессе изготовления изделий из древесины широко применяют высокомолекулярные со-

единения. Это различные природные и синтетические мономеры, полимеры, олигомеры или их композиции, на основе которых изготавливают широкий ассортимент клеевых и лакокрасочных материалов. Применение данных материалов характеризуется длительным временем отверждения (высыхания) и, как следствие, продолжительным циклом изготовления продукции. В связи с организацией поточного производства необходимо интенсифицировать процессы склеивания и отделки изделий из древесины, и с этой целью разрабатываются разнообразные методы ускоренного отверждения клеев и лакокрасочных покрытий (ЛКП).

Из технологии клеевых материалов известно, что ускоренное склеивание достигается при аккумулировании тепла, использовании контактного, конвективного, инфракрасного или высокочастотного нагрева, и способствует сокращению продолжительности цикла изготовления продукции [1].

В технологии отделки изделий из древесины переход лакокрасочного материала (ЛКМ) в твердое покрытие происходит в результате физического процесса испарения растворителя и химического взаимодействия его компонентов. Метод сообщения дополнительной энергии ЛКМ лежит в основе многих существующих способов интенсификации сушки ЛКП: конвективная сушка, ультрафиолетовое и инфракрасное излучение и др. [2].

Применение вышеописанных ускоренных методов открывает возможности для повышения уровня механизации и автоматизации промышленного производства.

На кафедре механической обработки древесины Уральского государственного лесотехнического университета исследуется новый способ интенсификации сушки ЛКП и склеивания массивной древесины при аэроионизации.

Аэроионизация является перспективным способом интенсификации отверждения лакокрасочных и клеевых материалов – это метод электроэффлювиальной аэроионизации или получения активных форм кислорода (АФК) в электрическом поле аэроионизатора при создании коронного разряда в воздухе разрядного промежутка в резко неоднородном постоянном поле. В качестве источников заряженных частиц в современных устройствах применяются в основном металлические электроды и графитовые ткани. В настоящее время аэроионизация не теряет своей популярности и сфера ее применения активно расширяется: жилые, общественные и производственные помещения, сельское хозяйство, медицина, где предполагается благоприятное воздействие отрицательных аэроионов на живые организмы [3].

Электрическое поле аэроионизатора обладает определенной энергией, величина которой зависит от его напряженности. Сообщение веществам дополнительной энергии – один из способов повысить скорость их химического взаимодействия.

В процессе исследования влияния аэроионизации на процессы отверждения ЛКП образцы подложек помещались для сушки покрытий под воздействие АФК. Оценку свойств ЛКП осуществляли по ОСТ 13-27-82 в сравнении с ЛКП, отвержденными без воздействия АФК (в естественных условиях при  $t = 20 \pm 2^\circ\text{C}$ ,  $W = 65 \pm 5\%$ ).

При исследовании влияния аэроионизации на процесс склеивания деланки из массивной древесины с нанесенным клеем (на основе ПВА-дисперсии) подвергали воздействию АФК на стадии открытой выдержки клея и склеивания, при этом сокращалось время открытой выдержки и время прессования. Оценка склеенных образцов осуществлялась по воспринимаемой ими разрушающей нагрузке на скалывание вдоль

клеевого шва по ГОСТ 15613.1 – 84 и сравнивалась с образцами, склеенными без воздействия АФК.

Согласно полученным экспериментальным данным, новый метод позволяет сократить время сушки ЛКП, образованных акриловыми, алкидными и полиуретановыми ЛКМ [4]. Способ ускоряет реакции полимеризации, полиприсоединения, поликонденсации и сокращает время испарения растворителя. Процесс отверждения клеев на основе ПВА-дисперсии происходит в результате реакции полимеризации за счет удаления воды и увеличения роста цепей макромолекул, т.е. аналогичен высыханию ЛКМ.

При аэроионизации происходит воздействие электрического поля, которое упорядочивает олигомерные молекулы смол, активизирует молекулы кислорода, превращая их из стабильных бирадикалов в активные заряженные частицы надпероксид-ионы и пероксид-ионы.

В результате изучения влияния аэроионизации на процесс отверждения лакокрасочных и клеевых композиций можно сделать следующие выводы:

АФК являются инициаторами реакции радикальной полимеризации, протекающей при отверждении ЛКП, что позволяет сократить время пленкообразования ЛКП в  $1,5 \div 3$  раза по сравнению с естественными условиями.

За счет заряда и относительного перемещения фаз (молекул пленкообразователя и растворителя) сокращается время испарения растворителя.

В случае применения аэроионизации для сушки ЛКП наибольшее влияние оказывает не только концентрация, но и характер распределения АФК в зависимости от величины напряженности электрического поля.

Физико-механические показатели покрытий, отвержденных при воздействии АФК, такие как блеск, адгезия, твердость, не уступают показателям покрытий, полученных в естественных условиях.

При аэроионизации сокращаются затраты на энергопотребление, поскольку величина расходуемой энергии намного ниже существующих способов, представленных в табл. 1.

Таблица 1 – Энергопотребление существующих способов сушки ЛКП, кВт ч/м<sup>2</sup>

АФК	Конвективная сушка	Радиационная сушка	УФ-сушка	ИК-сушка
0,096	5-15	20	10 - 15	3 - 15

АФК обеспечивают электродиффузионное взаимодействие клея с древесиной, сокращают время отверждения клеев на основе ПВА-дисперсии, увеличивают твердость клеевого шва по сравнению со склеиванием в естественных условиях.

Аэроионизация является перспективным способом интенсификации отверждения полимерных композиций в технологии деревообработки, обеспечивающим сокращение цикла изготовления продукции.

#### Библиографический список

1. Волынский В.Н. Технология клеевых материалов: учеб. пособие для вузов / В.Н. Волынский; Арханг. гос. техн. ун-т. 2-е изд., исправл. и доп. Архангельск: АГТУ, 2003. 280 с.

2. Жуков Е.В. Технология защитно-декоративных покрытий древесины и древесных материалов: Учеб. для вузов / Е.В. Жуков, В.И. Онегин. М.: Экология, 1993. 304 с.

3. Чижевский, А.Л. Аэроионы и жизнь. Беседы с Циолковским / А.Л. Чижевский; М.: «Мысль», 1999. 716 с.

4. Газеев М.В. Механизм интенсификации отверждения лакокрасочных покрытий аэроионификацией / М.В. Газеев, Е.В. Тихонова, И.В. Жданова // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века. Труды II международного евразийского симпозиума. Екатеринбург: УГЛТУ, 2007. С.40-44.

5. Ветошкин Ю.И. Совершенствование технологии склеивания древесины / Ю.И. Ветошкин, М.В. Газеев, Н.А. Старикова // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века. Труды III международного евразийского симпозиума. Екатеринбург: УГЛТУ, 2008. С. 37 – 39.

Гаспарян Г.Д., Адам И.А. (БрГУ, г. Братск, РФ) [gasparyan\\_garik@mail.ru](mailto:gasparyan_garik@mail.ru)

## **ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЙ СПОСОБ ОКОРКИ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ** **ENERGY SAVING TIMBER DEBARKING METHODS**

*It is considered energy saving timber debarking methods based on advanced ultrasound technologies in this article.*

Для эффективного комплексного использования лесоматериалов, одним из требований является качественная окорка. Существующие методы окорки не обеспечивают необходимое качество. Учитывая это процесс, окорки лесоматериалов, является актуальным вопросом.

Процесс окорки можно классифицировать по двум признакам: степени очистки и способу очистки.

Степень очистки зависит от целевого назначения окариваемого материала и качества окорки, связанное с техническим уровнем окорочного оборудования. Степень очистки может быть грубой, чистой и частичной (рис. 1).

Существующие способы очистки условно можно разделить на контактные и бесконтактные. Контактная окорка включает в себя: фрикционный, режущий способ и окорку обжимом. Бесконтактный – гидравлическую, пневматическую, термокомпрессионную, электрогидравлическую, сверхвысокочастотную, электрическую и химическую окорку деревьев.

Существующие способы имеют ряд недостатков, связанных с энергоемкостью, металлоемкостью и высокой стоимостью обслуживания оборудования, не качественной окоркой, высокой степенью замены окаривающих инструментов и т. д.

Учитывая вышесказанное, в данных исследованиях авторами рассматривались новые методы, позволяющие учесть недостатки существующих способов. Одним из таких энергосберегающих технологий является метод ультразвуковой окорки лесоматериалов. Для более детального описания данного способа возникает необходимость провести исследования свойств ультразвука.

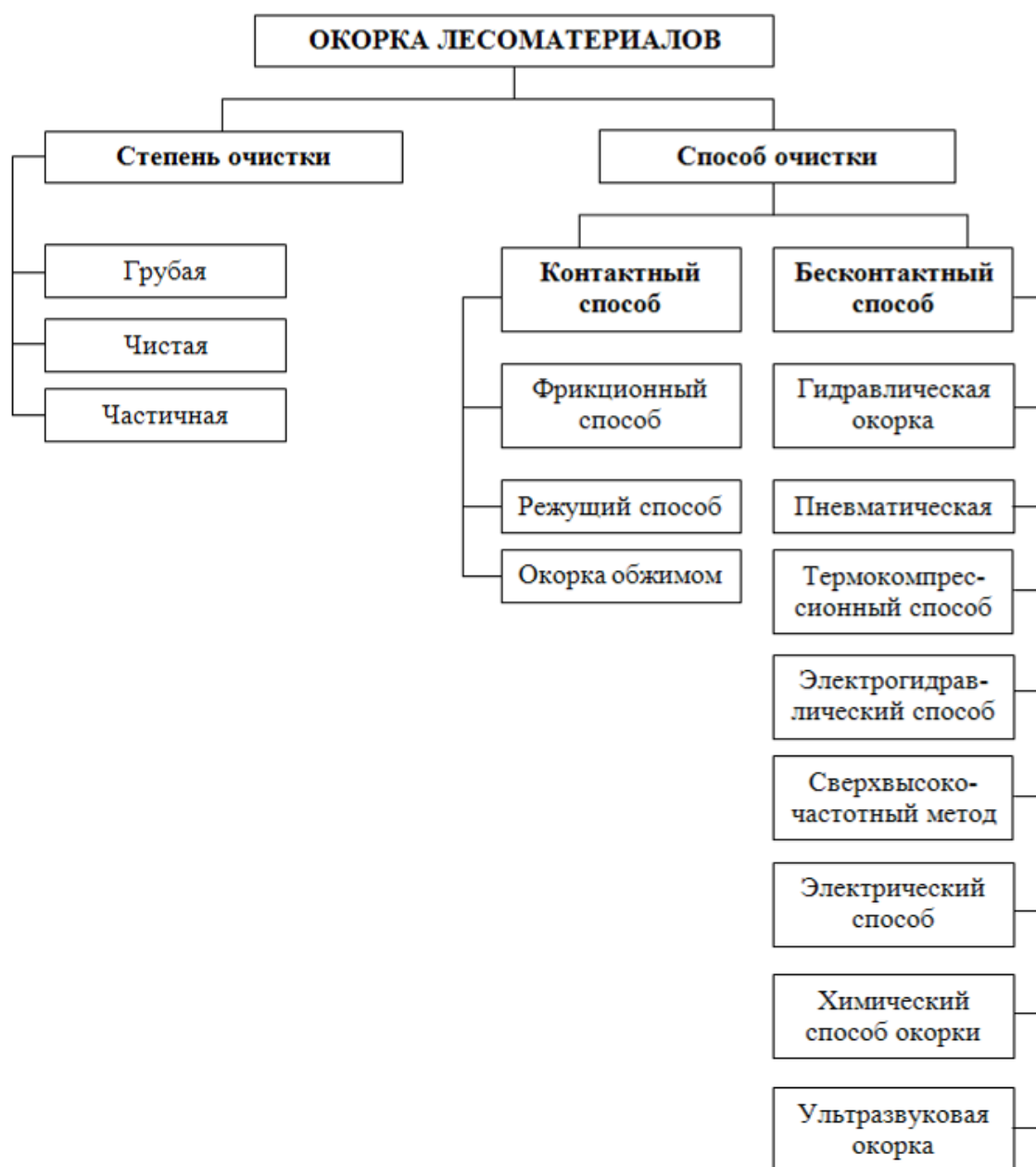


Рисунок 1 – Классификация способов окорки лесоматериалов

Новое технологическое решение основывается на многолетних исследованиях в области применения ультразвукового излучения, а также изучение физических и акустических свойств.

Ультразвук (УЗ) — упругие колебания и волны, частота которых превышает (1,5 — 2) 10<sup>4</sup> Гц (15—20 кГц). Нижняя граница области ультразвуковых частот, отделяющая её от области слышимого звука, определяется субъективными свойствами человеческого слуха и является условной, поскольку верхняя граница слухового восприятия человека имеет значительный разброс для различных индивидуумов. Верхняя граница ультразвуковых частот обусловлена физической природой упругих волн, которые могут распространяться лишь в материальной среде, т.е. при условии, что длина волны значительно больше длины свободного пробега молекул в газах или межатомных расстояниях в жидкостях и твёрдых телах.



В основе данного способа лежат процессы, возникающие вследствие воздействия ультразвуковых волн на различные среды. Такими средами при ультразвуковой окорке являются камбиальный слой коры дерева и вода, в которой расположен окариваемый материал.

Для реализации окорки ультразвуком используется эффект кавитации в камбиальном слое и жидкостной среде, в которой находится окариваемый материал. Так же имеет место гидродинамическое давление, действие которого вызывает отслоение частей коры.

Использование данного метода позволит повысить эффективность окорки лесоматериалов на предприятиях, снизить себестоимость конечного продукта за счет энергосбережения и производительности.

### Библиографический список

1. Симонов М. Н. Механизация окорки лесоматериалов. М.: Лесная промышленность, 1984. – 216 с.
2. Симонов М. Н., Торговников Г. И. Окорочные станки: устройства и эксплуатация. – М.: Лесная промышленность, 1990. – 184 с.
3. Ультразвук. Маленькая энциклопедия. / Под ред. Галяминой И. П. – М.: Советская энциклопедия, 1979. – 456 с.
4. Ультразвуковая технология. / Под ред. Аграната, Б. А. - М., Металлургия, 1974.

**Жуковская Е.А., Янушкевич А.А.**

(БГТУ, г. Минск, Республика Беларусь) [katya.jukovskaya@gmail.com](mailto:katya.jukovskaya@gmail.com)

### **РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ РАСКРОЯ БРЕВЕН ЛИСТВЕННЫХ ПОРОД** *RESOURCE SAVING CUTTING HARDWOOD TECHNOLOGY*

*This article devoted to developing effective processing hardwood taking into account special hardwood features to save raw material, energy and labour cost.*

В Беларуси леса занимают более 9 млн. гектаров, что составляет 38,7% территории страны. Особенностью структуры сырьевых запасов древесины в Беларуси является преобладание лиственных пород древесины над хвойными породами.

Наблюдается устойчивое сокращение доли хвойных пород, так в настоящее время запас хвойной древесины в спелых и перестойных лесах составляет 45%, твердолиственной – 3,7% и мягколиственной – 51,3% [1]. Анализ данных сведений говорит о необходимости изучения проблем переработки лиственных пород древесины.

Вопрос о расширении сырьевой базы Республики Беларусь может быть решен путем увеличения объемов потребления лиственной древесины. Для рационального использования лиственной древесины должны быть рассмотрены наиболее перспективные направления ее использования и разработаны ресурсосберегающие технологии ее переработки.



Основные направления использования древесины являются: производство пиломатериалов, фанеры, ДСтП, ДВП, бумаги, картона, спичек, различных плитных и щитовых изделий. Во всех этих производствах может быть использована лиственная древесина, причем лучшая по качеству лиственная древесина используется в фанерном и спичечном производствах. Данный факт говорит о том, что лиственная древесина, поступающая в распиловку, имеет сравнительно невысокое качество. Однако распиловка лиственных бревен на пилопродукцию целевого назначения является перспективным направлением. Исследования проведенные в БГТУ доказали, что комплексная переработка низкосортных лиственных пиломатериалов, т.е. комбинированный раскрой досок на качественные заготовки и попутную продукцию с последующей переработкой неизбежно получающихся кусковых отходов на технологическую щепу, обеспечивает наиболее высокие экономические показатели по сравнению с целевой переработкой лиственной древесины на технологическую щепу [2].

Особенности лиственной древесины обуславливают способы ее распиловки, сортировки, дальнейшей переработки и хранения. Наибольший интерес представляют такие породы как береза, осина, ольха и дуб. Так, например, сортовой состав березового сырья можно представить следующим образом: I сорт – 4,67%, 2 – 17,78%, 3 – 34,85%, 4 – 42,7%. А средний диаметр сырья колеблется от 18 до 20 см [3].

В свое время большое внимание было уделено изучению особенностей ольховых круглых лесоматериалов [4]. Так оказалось, что основная масса сырья (76,5%) имеет диаметр 10-15 см, а основным сортообразующим пороком ольхового сырья является кривизна, средняя величина которой равна 1,5%.

Низкое качество и размеры лиственного сырья, большой процент бревен с кривизной определяют специфику переработки лиственной древесины.

Поэтому основными задачами данного исследования становятся:

- выбрать и обосновать способ распиловки лиственных бревен;
- установить влияние кривизны (основного сортообразующего порока) на долю цилиндрической зоны (цилиндрическая зона – это зона, из которой объемный выход пиломатериалов в 4,6 раза больше, чем из сбеговой [5]);
- установить оптимальные и рациональные схемы распиловки лиственных бревен;
- минимизировать количество сортировочных групп бревен без значительных потерь объемного выхода пилопродукции целевого назначения.

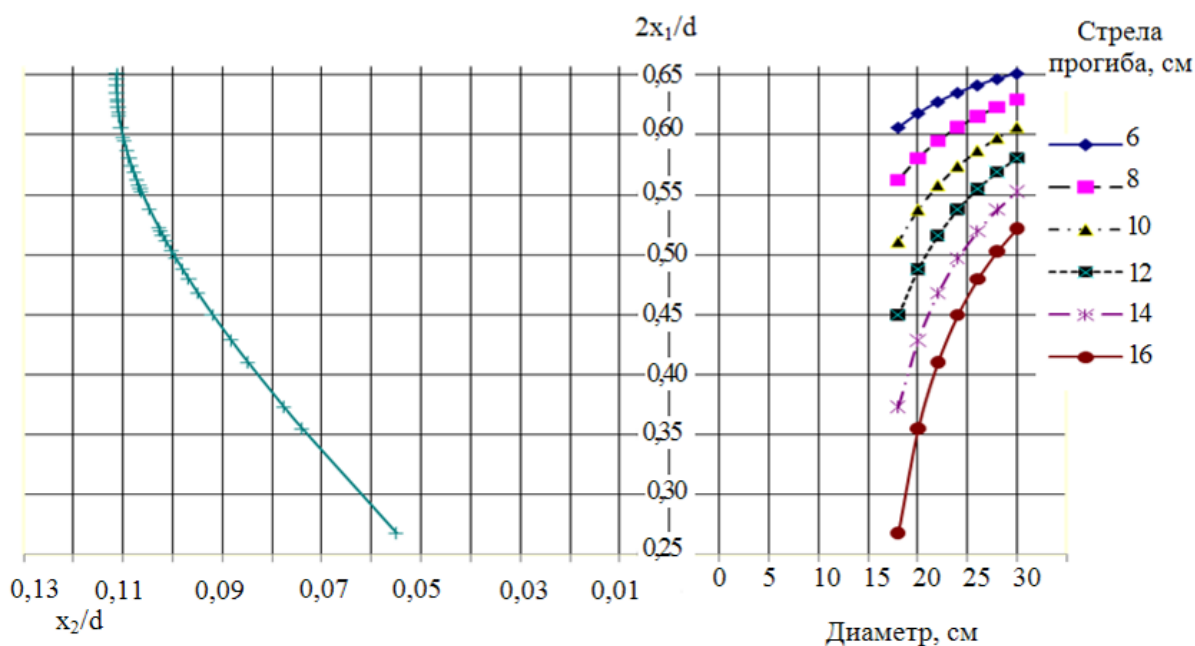
Первая задача заключается в выборе и обосновании способа распиловки бревна на пилопродукцию. Как отмечалось ранее, распиловка бревен с кривизной может осуществляться как вразвал, так и с брусовой. С точки зрения увеличения объемного выхода пилопродукции на первый план выходит распиловка кривых бревен вразвал. Однако при необходимости выпилки длинномерных пиломатериалов, которые дороже короткомерных на 20%, преимущества на стороне брусового метода распиловки [6]. Кроме того, уменьшить кривизну можно поперечной распиловкой бревна, как известно это резко уменьшает стрелу прогиба бревна, т.к. она прямо пропорциональна квадрату длин полученных бревен.

Распиловка бревна, имеющего кривизну, требует большого внимания, так как неправильная ориентация кривого бревна при его распиловке приводит к уменьшению объемного выхода пиломатериалов, что вызвано уменьшением объема цилиндрической зоны.

Известно, что объемный выход пиломатериалов из цилиндрической зоны составляет около 74% от ее объема, а из сбеговой зоны только около 16% от ее объема [5].

Так переходим к решению второй задачи – установить влияние кривизны на долю цилиндрической зоны. Проведенные нами исследования показали, что влияние кривизны на долю цилиндрической зоны снижается с увеличением диаметра бревна и коэффициента сбега. Наиболее интенсивное снижение отмечается при увеличении диаметра бревен. Изменение сбега оказывает слабое влияние на изменение цилиндрической зоны. При одинаковом коэффициенте сбега и кривизне у более коротких бревен доля цилиндрической зоны больше, чем у длинных [7].

В целях установления оптимальных и рациональных схем распиловки листовых бревен нами были проведены теоретические исследования, в результате которых построена номограмма (рис.1). Пользуясь номограммой, по заданному диаметру бревна  $d$  и стреле прогиба  $f$ , можно составить постав, т.е. определить оптимальные размеры бруса и боковой доски. При необходимости выпиливания бруса заданного размера можно выбрать бревна определенного  $d$  и  $f$ , которые с минимальными потерями это обеспечат. Применение такой номограммы будет способствовать решению многих практических задач, возникающих при распиловке листового сырья, и позволит ускорить процесс составления поставов.



$2x_1$  – толщина бруса;  $x_2$  – толщина боковой доски

Рисунок 1 – Номограмма для составления поставов при распиловке бревен с кривизной

Данная номограмма позволяет составлять схемы распиловки только при оптимальных размерах выпиливаемых брусьев. На практике же приходится выпиливать брусья и доски в соответствии со спецификацией-заказом. Для решения данной задачи были составлены графики, один из которых приведен на рис. 2.

Представленный на рисунке 2 график позволяет определить размеры боковых досок (с учетом спецификации) в первом проходе при получении бруса заданного стандартного размера.

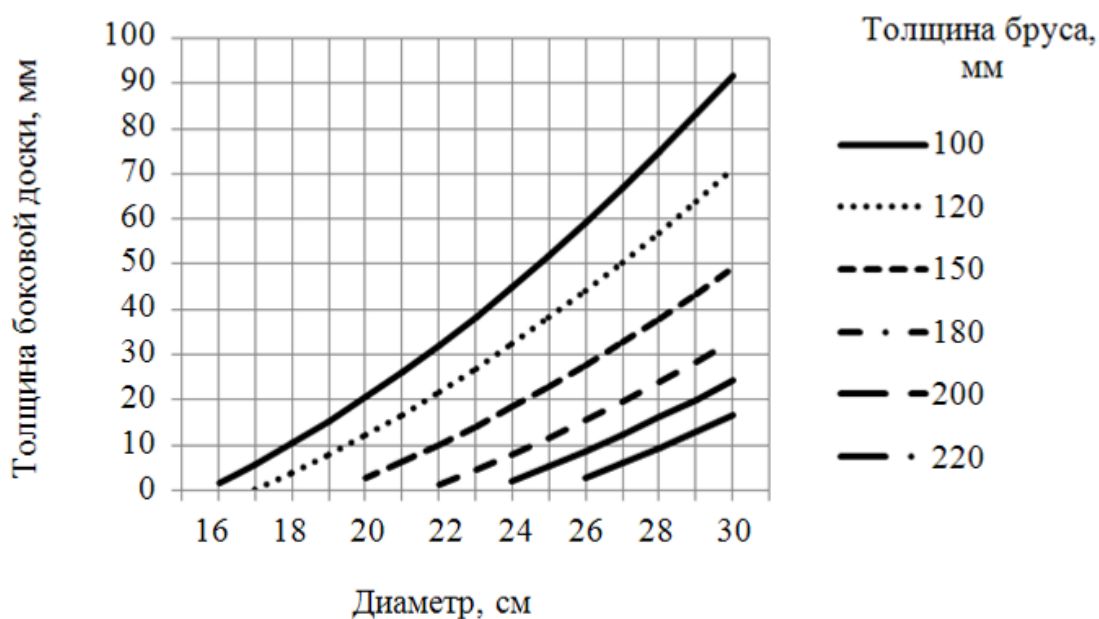


Рисунок 2 – Графики для составления поставок на распиловку бревен с кривизной 12 см с учетом спецификации пиломатериалов

Важное место в технологии лесопиления занимают операции подготовки сырья к распиловке. Одной из таких операций является сортировка бревен. От правильности ее проведения зависит величина объемного выхода пилопродукции целевого назначения. Проведение сортировки во многом зависит от целевого назначения выпиленных пиломатериалов. Так переходим к решению четвертой задачи – минимизации количества сортировочных групп бревен без значительных потерь объемного выхода пилопродукции целевого назначения.

В качестве конечного вида пилопродукции нами были рассмотрены пиломатериалы, предназначенные для производства заготовок для мебельного щита. В настоящее время клееный щит из древесины лиственных пород имеет устойчивый спрос не только на белорусском и российском, но и на мировом рынках. Это объясняется многочисленными достоинствами данного вида продукции.

Нами была проведена компьютерная имитация раскроя бревен. Условно распиливалось сырье диаметрами от 14 до 36 см и длиной 3 м. При этом диаметр лиственных бревен, поступающих в распиловку, измерялся с градацией 0,1 см; выпиливались пиломатериалы толщиной 25 и 50 мм и шириной кратной размерам заготовок с учетом ширины пропилов; распиловка бревен производилась по брусово-развальным схемам с шириной пропила 4 мм. В результате этого были составлены и рассчитаны поставки и определен объемный выход пилопродукции. После анализа результатов расчетов были определены границы сортировочных групп, т.е. диапазоны диаметров, в каждом из которых средний объемный выход пилопродукции является максимальным. В результате проведенных исследований для заданных условий была определена система поставок для 9 сортировочных групп (таблица 1) [8].

При сортировке этих же бревен по четным диаметрам количество сортировочных групп было бы равно 12. При этом средний выход пилопродукции при сортировке на 12 групп составил – 56,66 %, а при сортировке по 9 группам – 57,56 %. Таким образом, переход от сортировки бревен по четным диаметрам к распределению их по схе-

мам распиловки позволит обеспечить наибольший выход пиломатериалов целевого назначения при минимизации количества сортировочных групп бревен. При этом уменьшится объем операционного запаса сырья на складе, что в свою очередь позволит снизить объем "замороженных" оборотных средств и сэкономить трудо- и энергоресурсы.

Таблица 1 – Границы сортировочных групп и поставки

№ сортировочной группы	Структура поставка		Диапазон диаметров, см	Средневзвешенный выход пиломатериалов, %
	I проход	II проход		
1	83/1;	50/2	14-15,4	43,13
2	141/1;	50/1-25/2	15,5-18,1	48,58
3	141/1;	50/2	18,2-21,8	50,45
4	141/1-25/2;	50/3	21,9-24,1	56,45
5	170/1-25/2;	50/3-25/2	24,2-27	58,22
6	199/1 -25/2;	50/3-25/4	27,1-29,8	58,40
7	228/1-25/2;	50/3-25/4	29,9-32,1	59,47
8	257/1 -25/2;	50/3-25/6	32,2-34,1	60,87
9	228/1-25/2;	50/4-25/4	34,2-36	61,01

Для осуществления сортировки бревен по составленным нами группам необходимо измерительное устройство с точностью измерения 1 мм. Для точного измерения диаметра бревен могут использоваться разработанные в БГТУ автоматизированные измерительные комплексы на базе полупроводниковых лазеров или на базе инфракрасных источников света [9, 10 и 11].

В состав измерительного комплекса на базе лазеров входят четыре блока, каждый из которых имеет два полупроводниковых лазера и фотоприемник с объективом. Лучи лазеров попадают на поверхность бревна в виде восьми точек. Каждый из восьми лучей отражается от поверхности бревна и через объективы падает на соответствующий фотоприемник, информация от которого передается в ПК. При перемещении бревна измерение поперечных сечений осуществляется через равные промежутки его длины. Информация обрабатывается по специальной программе, выдается на монитор и используется для оптимизации раскроя бревна с учетом его размеров и особенностей формы на пилопродукцию целевого назначения.

Измеритель на базе инфракрасных осветителей состоит из двух линейных видеокамер с помещенными в центре объективов точечными источниками света и двух панелей с нанесенным на них световозвращающим покрытием. Световые лучи от точечного источника света попадают на световозвращающее покрытие и возвращаются назад в объектив, если измеряемый объект их не перекрывает.

Если в измеритель поступает бревно, линейные видеокамеры фиксируют тени от него на световозвращающих покрытиях в сходящихся лучах. Информация передается в ПК, который обрабатывает ее и управляет сортировочным устройством [10,11].

Таким образом, в результате выполненных исследований разработана ресурсосберегающая технология раскроя бревен лиственных пород на пилопродукцию для изготовления клееного щита, которая включает:

– сканирование и раскряжевку хлыстов с учетом индивидуальных особенностей, а так же с учетом дальнейшей распиловки бревен на пилопродукцию целевого назначе-

ния;

- измерение бревен и их сортировку по группам диаметров;
- распиловку бревен по рациональным схемам распиловки.

Разработанная технология позволит рационально использовать лиственную древесину, снижая расход сырья, энерго- и трудозатраты производства.

#### Библиографический список

1. Сведения о лесном фонде Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь по состоянию на 1 января 2009 г. / Белгослес. – Мн., 2009. – 27 с.
2. Янушкевич, А.А. Эффективность переработки пиловочного сырья мягких лиственных пород на заготовки стройдеталей / Е.Е. Сергеев, В.И. Пастушени // Механическая технология древесины; под ред. Л.А.Манкевича. – Мн.: «Вышэйшая школа», 1982. – Вып. 12 – С. 126-127.
3. Берстнева, Г.Н. Использование березовой древесины в производстве реечных щитов пола / Г.Н. Берстнева // Материалы четвертой научно-технической конференции молодых ученых и специалистов, аспирантов и соискателей лесопильно-деревообрабатывающей промышленности, Архангельск, 28-30 мая 1980 г. / Центральный научно-исследовательский институт механической обработки древесины. – Архангельск, 1980. – С. 50-51.
4. Цотадзе, Г.Л. Размерно-качественная характеристика ольховых круглых лесоматериалов в Грузинской ССР / Г.Л. Цотадзе // Механическая технология древесины: респ. межвед. сборник. – Мн.: «Вышэйшая школа», 1983. – Вып. 13 – 94 с.
5. Батин, Н. А. Теоретические и экспериментальные исследования раскроя пиловочного сырья: дис... д-ра технических наук: 05.21.05 / Н.А. Батин. – Минск, 1964. – 442 л.
6. Турушев, В.Г. О целесообразности распиловки кривых бревен брусом методом / В.Г. Турушев // Деревообрабатывающая промышленность – С-П., 1966. – №1 – С.14-15.
7. Янушкевич, А. А. Распиловка лиственных бревен, имеющих кривизну / А. А. Янушкевич, С. В. Шетько, Е. А. Жуковская // Устойчивое управление лесами и рациональное лесопользование: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 18-21 мая 2010 г.: в 2 кн. – Минск: БГТУ, 2010. – Кн. 2. – С. 734-738.
8. Жуковская, Е. А. Сортировка лиственных бревен по оптимальным схемам распиловки на пилопродукцию целевого назначения / Е. А. Жуковская, С. В. Шетько, А. А. Янушкевич // Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревообраб. пром-сть. – 2011. – Вып. XIX.
9. Янушкевич, А.А. Технология лесопильного производства: учебник для ВУЗов / А.А. Янушкевич. – Мн.: БГТУ, 2010. – 330 с.
10. Янушкевич, А.А. Опытный образец оптоэлектронной установки для учета круглых лесоматериалов / А.А. Янушкевич, М.К. Яковлев, С.В. Шетько, Г.Д. Василенок // Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревообраб. пром-сть. – 1996. – Вып. IV. – С. 100-104.
11. Устройство для измерения диаметров круглых лесоматериалов: пат.7986 Респ. Беларусь, С1 2006.04.30 / А.А. Янушкевич, С.В. Шетько, Г.Д. Василенок; заявитель Белорус. гос. технол. ун-т. - № а 200330492; заявл. 06.06.03; опубл. 30.04.06 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2006. № 2. – С. 108.

Завьялов А.Ю., Совина С.В. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТОЙКОСТИ КЛЕЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ К РАССЛАИВАНИЮ

### DEFINITION OF RESISTANCE OF GLUED JOINTS TO STRATIFYING

*Quality assessment of glued joints is a guarantee of reliability wood-based glued structures.*

Для деталей и конструкций, работающих в условиях прямого воздействия климатических факторов, необходимо проводить испытания образцов продукции на расслаивание. Метод определения стойкости клеевых соединений к расслаиванию состоит в том, что расслоение клеевых швов измеряется после обработки их водой и быстрого высушивания образца при высокой температуре [1].

Существует несколько европейских и японских стандартов, по которым проверяется стойкость клеевых соединений к расслаиванию. Стандарт DIN EN 391-2002 «Лесоматериалы многослойные клееные. Испытание на расслоение клеевых швов», стандарт DIN EN 302 (часть 2) «Определение устойчивости к расслоению», ГОСТ 27812-88 «Древесина клееная массивная. Метод испытания клеевых соединений на расслаивание» [2].

Вышеназванные методы испытаний на расслаивание требуют наличия специального дорогостоящего оборудования, большинство предприятий не могут себе этого позволить. Испытания на расслаивание могут быть проведены согласно японским стандартам JAS 235 (для несущих конструкций) и JAS 234 (для ненесущих конструкций), при этом требуется только сушильный шкаф с принудительной вентиляцией воздуха.

На предприятии ООО «Егоршинский лес» г. Артемовский Свердловской области были проведены испытания по определению устойчивости клееного стенового бруса к расслаиванию, предусмотренные японским стандартом JAS 235.

Для экспериментальных исследований выбраны следующие клеевые системы: Akzo Nobel Каскомин 1255 с отвердителем 7555, Akzo Nobel Касколит 1989 с отвердителем 1993.

Выбор клеевой системы Akzo Nobel Каскомин 1255 с отвердителем 7555 обоснован тем, что данная меламинамочевинаформальдегидная (ММФ) система имеет ряд преимуществ перед другими клеевыми системами:

- минимальное время прессования по сравнению с другими ММФ системами;
- время технологической выдержки 3 часа;
- благодаря разделительному нанесению клея и отвердителя получается дополнительная экономия и снижение затрат, так как не требуются остановки на промывку системы;
- время до полного отверждения 24 часа;
- высокие показатели стойкости к длительным нагрузкам и, как следствие, возможность производить стеновой брус с качеством несущих деревянных клееных конструкций.

Выбор клеевой системы Akzo Nobel Касколит 1989 с отвердителем 1993 обоснован тем, что данная ЭПИ (эмульсия полимеров с изоцианатным отвердителем) система имеет ряд преимуществ перед другими клеевыми системами:

- жизнеспособность при температуре 20° С составляет 60 минут;
- срок годности составляет 12 месяцев;
- минимальное время прессования по сравнению с другими системами.

Согласно стандарту JAS 235 из клееного бруса, склеенного по параметрам, представленным в таблице 1, выпиливались 6 образцов длиной 75 мм.

Таблица 1 – Методика испытания клееного стенового бруса по стандарту JAS 235

<b>Испытание на расслоение при замачивании в холодной воде</b>	
Замачивание в холодной воде (10 °С)	24 часа
Выдержка в сушильном шкафу (70±3) °С	24 часа
Допустимый % расслоений	< 5
<b>Испытание на расслоение при замачивании в кипящей воде</b>	
Кипячение в воде (100 °С)	4 часа
Охлаждение в воде (10 °С)	1 час
Выдержка в сушильном шкафу (70±3) °С	24 часа
Допустимый % расслоений	< 5

Относительное расслаивание определялось по формуле 1:

$$\text{Относительное расслаивание} = \frac{\text{Сумма длин расслоений на обоих торцах}}{\text{Сумма длин клеевых линий на обоих торцах}} \cdot 100 (\%), \quad (1)$$

Суммарная протяженность расслоений для любой линии склейки  $\leq 1/4$  длины клеевой линии - для испытаний в холодной воде и  $\leq 1/4$  общей длины клеевых линий - для испытаний в кипящей воде.

В общую длину расслоения не включались естественные трещины древесины, сучки и другие дефекты.

Все испытуемые образцы клеевых элементов стенового бруса соответствовали требованиям JAS 235 по показателю величины расслоения при испытании на вымачивание в холодной и кипящей воде.

Образцы № 1 - 6 (клеевая система Akzo Nobel Каскомин 1255 с отвердителем 7555) показали меньшую величину относительного расслаивания по сравнению с образцами № 7 - 12 (клеевая система Akzo Nobel Касколит 1989 с отвердителем 1993).

При замачивании в холодной воде образцы с № 1 - 6 (клеевая система Akzo Nobel Каскомин 1255 с отвердителем 7555) показали средний результат 1,85 %, а при замачивании в кипящей воде 1,58 %.

При замачивании в холодной воде образцы с № 7 - 12 (клеевая система Akzo Nobel Касколит 1989 с отвердителем 1993) показали средний результат 2,59 %, а при замачивании в кипящей воде – 2,83 %.

К дальнейшему применению рекомендуется клеевая система Akzo Nobel Каскомин 1255 с отвердителем 7555.

#### Библиографический список

1. Метод испытаний на расслаивание – ускоренный метод испытаний на старение / И. Сирота. // Дерево.RU. 2005. №5. С. 120-124.
2. Волынский В.Н. Технология клеевых материалов: учеб. Пособие для вузов / В.Н. Волынский; Арханг. гос. техн. ун-т. 2-е изд., исправл. И доп. Архангельск: АГТУ, 2003. 280 с.

**Коцюба И.В., Ветошкин Ю.И., Воронцова Т.Е.**

*(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)*

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТЕРМООБРАБОТАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ (ТМД)**

**EXPERIMENTAL STUDY OF PHYSICOMECHANICAL PROPERTIES OF THERMAL PROCESSED WOOD**

*Experimental study of physicomechanical properties of thermal processed wood is performed in this article. It is confirmed thermal processing adds value to wood.*

Широкое применение древесины в народном хозяйстве требует выполнение специальных технологических операций для ее обработки: сушки, антисептирования, обработки антипиренами, механической обработки и формирования защитно-декоративных покрытий. За рубежом и сейчас в России активно развиваются термические технологии обработки древесины, приводящие к существенному улучшению свойств древесины, что открывает новые области ее применения.

Известно, что ТМД имеет преимущества в сравнении с древесиной высушенной обычным способом:

- возможность получения пиломатериалов с заданными свойствами в зависимости от назначения;
- повышение устойчивости к воздействиям факторов внешней среды и биоповреждениям;
- снижение теплопроводности ТМД;
- стабильность геометрических размеров ТМД при изменении влажности окружающей среды;
- уменьшение равновесной влажности;
- снижение массы пиломатериалов из ТМД;
- равномерное окрашивание по всему сечению;
- удаление смол из ТМД хвойных пород;
- уничтожение в ТМД биоповреждающих агентов.

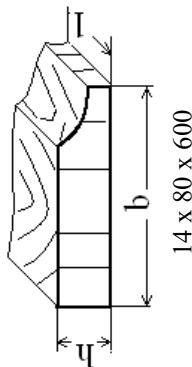
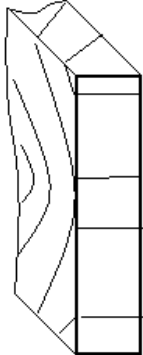
Для получения дополнительной информации о термодревесине, как конструкционном материале, были проведены экспериментальные исследования физико-механических свойств термообработанной древесины (ТМД). К исследованию были подготовлены заготовки, детали и образцы из термообработанной древесины следующих пород: сосны, березы, лиственницы влажностью 5-7%. Испытания проводились на госповеренных механических и гидравлических машинах S-5, P-5, МК-30А, ГМС-50, мор-Федергах. Полученные результаты представлены в таблице 1.

Анализ полученных результатов испытанных образцов термодревесины, в сравнении с обычной древесиной, свидетельствует, что у такой древесины:

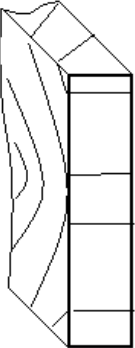
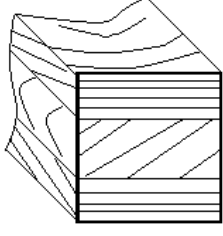
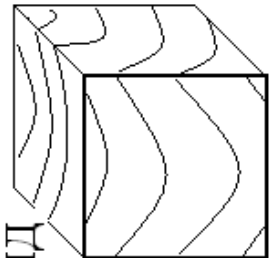
- снижается способность древесины к поглощению влаги (адсорбция), разбухание и усадка снижается на 40-50%;



Таблица 1 – Средние показатели некоторых физико-механических свойств термодревесины

Порода	Вид изделия и образца из ТМД  Схема сечения h – высота, b – ширина, l – длина h x b x l (мм)	Плотность, кг/м³	Влажность, %	Коэффициент разбухания, % на % влажности			Нагрузки «F», кг		Предел прочности, «σ», МПа	Твердость, Н/мм²			Модуль упругости при изгибе, МПа	Ударная вязкость при изгибе, кДж/м²	Против, мм	Шероховатость поверхности, мкм				
				радиального	тангентального	объемного	max нагрузки разрушения	нагрузки текучести		при статическом изгибе	при сжатии вдоль волокон	при растяжении вдоль волокон					радиальной	тангентальной	при скалывании вдоль волокон по плоскости	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Береза		570	4,6 - 5	0,22	0,29	0,53	По материалу 4200 при изгибе	По клею-шву 1200 при изгибе	3750											
		350	6,9	0,12	0,25	0,42	2875 при изгибе	1040 при изгибе	2645			400/ 114								
Сосна																			20	16
Береза		570	5				1100 – 1200 при изгибе	846	240									18,34	18	16
Сосна		350	7				740 – 560 при изгибе	674	148									16,2	5,5	21

Продолжение табл. 1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Береза	 40 x 140 x 1000	570	4,6				2760 при изгибе	2300	92									34,18	4,3	16
Сосна		350	5,7				1900-2400 при изгибе	1780	80									16,2	5, 10	20
Береза	 80 x 80 x 1500	570	6,1				1840 при изгибе	1560	59									18,34	5	63
Сосна		350	3,8				2380 при изгибе	2050	70									16,2	8	75
Береза	 50 x 50 x 50	570	5,4				450 - 500 на сжатие								41,4	36,3	44,4			16
Сосна		350	6,0				330 - 358 на сжатие								33,3	26,5	29,2			19

[illegible]

Продолжение табл. 1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Листвен	Традиционная древесина	540	12	0,20	0,38	0,60			108	61	124	9,7	9,1	53	42	31	33	14		
Сосна		505	12	0,18	0,31	0,51			84	46	102	7,4	7,2	41	28	22	23	12		
Береза		640	12	0,29	0,34	0,65			109	54	136	9,0	10	92	46	35	32	14		

Таблица 2 – Некоторые характеристики ТМД

Наименование параметров	Береза	Сосна
Устойчивость к воздействию факторов внешней среды и биоповреждениям	+	+
Уничтожение биоповреждающих агентов	++	++
Снижение теплопроводности	+	+
Увеличение стабильности геометрических размеров	+	+
Снижение равновесной влажности	+	+
Уменьшение массы	+	+
Окрашивание	+	+
Прочность на изгиб	+	+

- несколько уменьшается твердость древесины, следует учитывать при расчетах конструкций на прочность;
- стабилизируются прочностные характеристики и линейные размеры;
- улучшается качество поверхности такой древесины;
- прочность на изгиб повышается;
- сохраняется прочность при раскалывании;

Учитывая информационные данные о термодревесине (таблица 2) и результаты экспериментальных исследований (таблица 1) можно рекомендовать древесину, прошедшую такую обработку, использовать для производства паркета, мебели, внешней отделки домов, а также для изготовления оконных и дверных блоков.

Способ термомодификации древесины придает новые декоративные и технологические свойства древесным породам, произрастающим в Уральском регионе.

### Библиографический список

1. Ицкович Г.М. Сопротивление материалов, М.: Высш. шк., 2001. – 368 с.
2. Справочное пособие по деревообработке / Кислый В.В., Щеглов М.М., Братенков Ю.И. и др., Екатеринбург, БРИЗ, 1995. – 558 с.
3. Практическое руководство по деревообработке / составитель И.М.Фридман, СПб.: Политехника, 2000. – 543 с.
4. ГОСТ 7016 – 82 «Древесина. Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики», 6 с.

**Кручинин И.Н.** (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ) [kinaa@el.ru](mailto:kinaa@el.ru)

## **ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПЕРВИЧНОГО ЛЕСОТРАНСПОРТА ENVIRONMENTAL SAFETY ASSESSMENT OF FOREST MACHINERY**

*The article is devoted to developing mathematical model of interaction between undercarriage and soil. It is proposed environmental safety criteria for forest machinery.*

Сохранение ресурсно-экологического потенциала лесов возможно только при условии экологической, экономической и социальной устойчивости деятельности всех отраслей лесного комплекса. При функционировании транспортно-производственной системы лесного комплекса именно первичный лесотранспорт оказывает значительное негативное воздействие на лесную экосистему. Наличие в Уральском регионе сложных природных условий требует повышенного внимания к этой проблеме. Поэтому разработка методов оценки опорной проходимости ЛТМ является важной и актуальной задачей, влияющей непосредственно на систему устойчивого лесопользования.

С учетом проведенного анализа функционирования системы лесотранспорта предложена математическая модель взаимодействия ходовых частей лесотранспортных машин (ЛТМ) со слабыми водонасыщенными деформируемыми почвогрунтами. В качестве объекта исследования рассмотрена экспериментальная гусеничная ЛТМ совместно с прицепом повышенной проходимости на резино-металлических гусеницах

(РМГ). Подобная ЛТМ рассматривается как перспективная для сортиментной вывозки в условиях УрФО (Кручинин И.Н. Математическая модель для расчета параметров ходовой части лесотранспортных и лесозаготовительных машин // Изв. высших учебных заведений. Лесной журнал.- 2006.- N 1.- С.52-57).

В качестве модели грунтового массива используется классическая система дифференциальных уравнений Терцаги - Герсеванова, описывающая напряженное состояние грунта, возникающее от действия нормальных нагрузок при проходе транспортно-технологических машин:

$$\begin{cases} \frac{\partial P}{\partial t} = A \cdot \frac{\partial q}{\partial t} \\ \frac{\partial P}{\partial z} = B \cdot \frac{\partial q}{\partial t} + C \cdot q + D \end{cases}, \quad (1)$$

где  $A = (1+k-me)^2/m$ ;  $B = (\rho_{\text{ест}} - \rho_v) / g$ ;  $C = (1+k-me) \rho_v / k_{\phi}$ ;  $D = (\rho_{\text{ест}} - \rho_v) / (1+k-me)$ ;  $P(z,t)$  - нормальное давление в грунте, кПа;  $q(z,t)$  -поток водовоздушной смеси, выдавливаемой из пор грунта, см/с;  $k_{\phi}$  - коэффициент фильтрации, см/с;  $m(z)$  - коэффициент уплотнения грунта, м<sup>2</sup>/кН;  $\rho_v$  - плотность воды, г/см<sup>3</sup>;  $k$  - постоянная, характеризующая циклический процесс «нагрузка - разгрузка»;  $\rho_{\text{ест}}$  - плотность грунта в естественном состоянии, г/см<sup>3</sup>;  $g$  - ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;  $e$  - коэффициент пористости;  $z, t$  - координаты глубины рассматриваемого слоя грунта и время.

Начальные условия для системы (1) будут определяться из условия

$$\frac{\partial m}{\partial t} = 0; \frac{\partial q}{\partial t} = 0 \quad (2)$$

При этом на нижней точке для  $z = H_d$  поток водо-воздушной фазы  $q = 0$ ; на дневной поверхности грунтового массива (верхняя граничная точка) воздействие от ЛТМ определяется видом эпюры нормальных давлений в контакте ходовой части с грунтом.

В процессе расчета верхняя граница будет меняться во времени в зависимости от изменения потока водо-воздушной фазы  $q$  через верхнюю граничную точку. Это изменение определяет процесс образования колеи при взаимодействии ходовой части с грунтом.

Данный процесс взаимодействия с водонасыщенными грунтами будет характеризоваться упругопластическими деформациями.

При движении на местности ЛТМ приходится преодолевать различные почвенно-грунтовые условия. Физико-механические свойства грунтовой поверхности являются определенно положительными величинами, изменяющимися случайным образом в интервале от min до max. Анализ выборочной плотности вероятностей грунтовых условий, по которым перемещаются ЛТМ, позволяет с достаточно высокой надежностью принимать в качестве теоретической, нормальную плотность вероятностей.

$$a(f_{z_p}) = \frac{1}{\sigma_{f_{z_p}} \sqrt{2\pi}} \cdot \exp \left\{ - \frac{[a - m(f_{z_p})]^2}{2\sigma_{f_{z_p}}^2} \right\}, \quad (3)$$

где  $a$  - параметр, зависящий от несущей способности грунта;

$f_{z_p}$  - функция сопротивления перемещению ЛТМ за счет деформации грунта;

$m, \sigma$  - математическое ожидание и дисперсия параметра грунта.

Для решения системы (1) необходимо задаться распределением нормального давления по длине пятна контакта ходовой части прицепа и распространением нормальных напряжений по глубине грунтового массива. При этом учитывалось изменение свойств почво-грунта в зависимости от глубины погружения и формы пятна контакта, изменение несущей способности грунтового массива от действия приложенной нагрузки.

На рисунке 1 приведены расчетные значения изменения потоков водо-воздушной фазы при движении ЛТМ по участку с несущей способностью около 140 кПа.

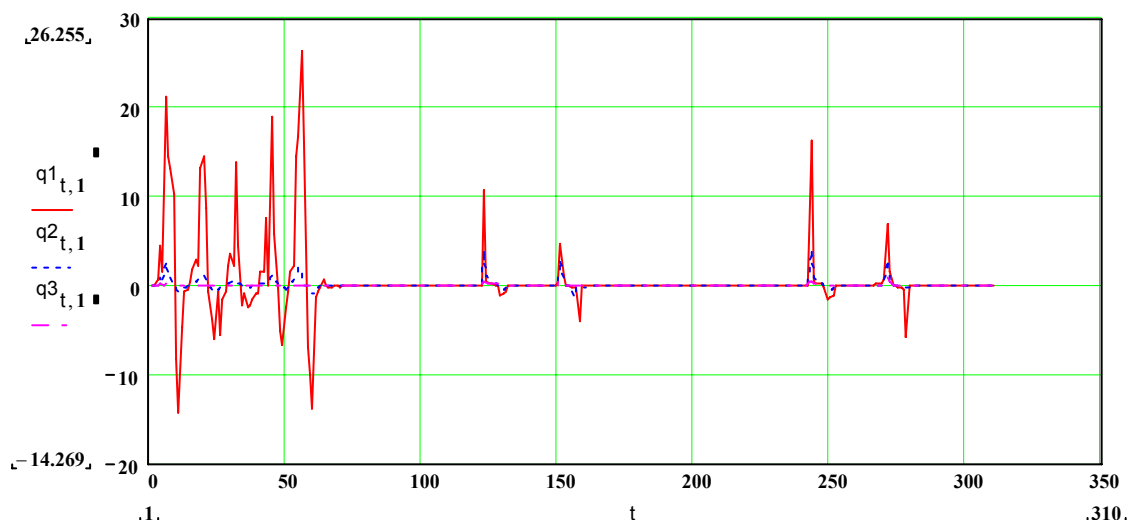
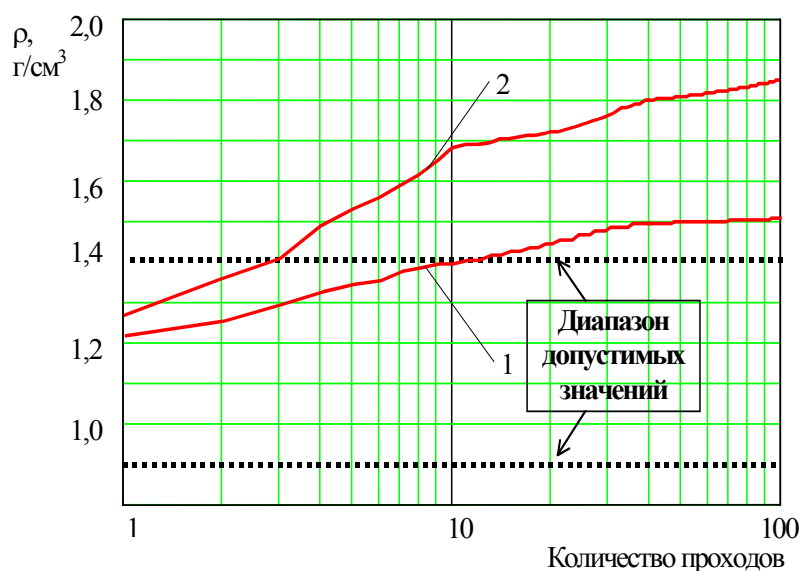


Рисунок 1 – Изменения потоков водо-воздушной фазы в почво-грунтовой массе при движении экспериментальной гусеничной ЛТМ



1-экспериментальная ЛТМ на резинометаллических гусеницах;  
2- трелевочный трактор ТТ- 4

Рисунок 2 – Изменения плотности лесного почво-грунта в зависимости от числа проходов по одному следу

Анализ модели позволяет сделать следующие выводы: нормальное напряжение оказывает решающее значение при глубине колеи при проходе ЛТМ; наиболее значительную роль оказывает максимальное значение нормального давления.

На основе представленной модели разработана методика расчета изменения физико-механических свойств лесных водонасыщенных почво-грунтов при перемещении по ним ЛТМ. На рисунке 2 представлен процесс изменения плотности почво-грунта при многократных проходах серийного трелевочного трактора ТТ-4 с нагрузкой на щите 40 кН и экспериментальной ЛТМ по минерализованному с порубочными остатками магистральному волоку, с несущей способностью 140 кПа, модулем общей деформации 2,5 МПа, начальной плотностью 1,36 г/см<sup>3</sup> и влажностью 37 %.

Как видно превышение допустимой плотности почвогрунта от ЛТМ с резинометаллическими гусеницами происходит после 9-го прохода. Дальнейшее перемещение по этому участку становится экологически небезопасно. При аналогичных условиях трелевочный трактор может совершить не более 2-х проходов по одному следу.

Таким образом, учитывая многообразие почвенно-природных условий в которых перемещаются лесные грузы, используя данную методику проводить анализ экологической совместимости первичного лесотранспорта.

**Кузнецов А.И., Шимон Е.В., Новоселова М.В.**  
(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ) [akwer@yandex.ru](mailto:akwer@yandex.ru)

## **ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ ЛАЗЕРНОГО РЕЗАНИЯ МАССИВНОЙ ДРЕВЕСИНЫ** *STUDYING MODES OF LASER CUTTING SOLID WOOD*

*The article presents studying modes of laser cutting solid woods depending on different speeds and power.*

По сравнению с традиционными методами обработки древесины лазерное резание обладает рядом неоспоримых преимуществ:

- при лазерном резании отсутствует механическое воздействие на обрабатываемый материал;
- сфокусированное лазерное излучение регулируемой мощности - инструмент, обеспечивающий качественную гладкую поверхность кромки реза материала независимо от его теплофизических свойств;
- точность позиционирования лазерной головки составляет 0,08 мм, за счет чего достигается высокая точность взаимного расположения элементов заготовки;
- применение лазерной резки возможно на легкодеформируемых и нежестких деталях;
- лазерный луч имеет диаметр около 0,25 мм, что позволяет создать отверстие диаметром от 0,50 мм;
- за счет большой мощности лазерного излучения обеспечивается высокая производительность процесса лазерной резки;



- возможность получить качественный срез, не требующий дополнительной обработки.

Основной проблемой применения данного метода обработки в деревообрабатывающей промышленности и декоративно-прикладном искусстве является отсутствие научно обоснованной информации о режимах резания различных пород древесины.

При использовании одинаковых режимов для различных материалов происходит перерасход энергии, времени и понижение качества продукции.

Применение несоответствующих породе древесины режимов обработки снижает качество обработанной поверхности: происходит сильный ожог, обугливание и даже возгорание поверхности либо обработка происходит не полностью и требует повторения.

Экономическая эффективность лазерного резания повышается при выборе правильных режимов за счет улучшения качества обрабатываемой поверхности и минимального расхода энергии.

Цель работы: исследовать глубину резания массивной древесины при помощи лазерного излучения в зависимости от мощности лазерного излучения и скорости перемещения лазерного луча по прямолинейной траектории.

Экспериментальная установка включает в себя лазерно-гравировальный станок VL-4060, воздушный компрессор, ПК, ПО LaserCut 5.1, электронный штангенциркуль с ценой деления 0,01мм, сканер Хегох 3919 с разрешением 2400 dpi.

Толщина и длина образцов измерялась электронным штангенциркулем, скорость движения устанавливалась и контролировалась при помощи ПО LaserCut 5.1, глубина резания измерялась при помощи отсканированного изображения и ПО AutoCAD 2009.

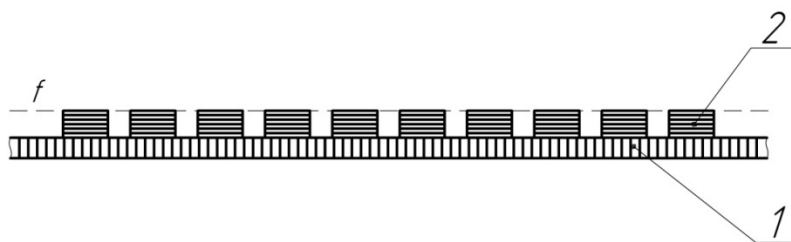
Образцы представляют собой бруски толщиной 10 мм, шириной 30 мм и длиной 200 мм восьми пород: бук, вишня, клен, дуб, олива, орех, ясень и мербау. Для получения одинаковой толщины образцы прошли технологическую операцию – рейсмусование.

Образцы древесины укладывались, как показано на рисунке 1.



Рисунок 1 - Образцы вишни, мербау, клена, ясеня, дуба, бука, оливы и ореха

Образцы укладывались на ячеистый стол станка, положение фокальной  $f$  плоскости было настроено на верхнюю поверхность (рисунок 2) и в течение проведения эксперимента не изменялось.



1 - ячейчатый стол лазерно-гравировального станка, 2 - пакеты шпона

Рисунок 2 – Положение фокальной плоскости

Перед проведением эксперимента было проверено соответствие программно-установленной скорости каретки станка с фактической с помощью секундомера по изложенной ниже методике. Скорость измерялась косвенно путем вычисления отношения длины экспериментального участка к времени прохождения лазерным лучом этого участка, причем, для получения установившегося движения каретки она начинала движение с расстояния 200 мм до экспериментального участка. Проверка показала, что измеренная скорость соответствует программно-установленной скорости с помощью ПО LaserCut 5.1. В дальнейшем скорость контролировалась посредством ПО LaserCut 5.1.

В ходе проведения эксперимента скорость ступенчато менялась и составляла: 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100 мм/с. Мощность ЛИ в ходе проведения эксперимента изменялась ступенчато и соответствовала: 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100 процентам от максимальной мощности станка, составляющей 65 Вт. Каждому из десяти значений мощности ЛИ соответствовали десять значений скорости (рисунок 3).

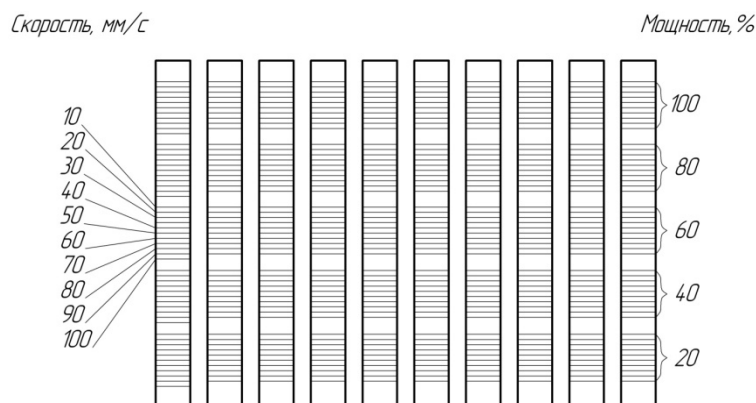


Рисунок 3 - Упрощенная схема скоростно-мощностных режимов лазерного резания

Все резы были сделаны поперек волокон древесины при одном направлении движения лазерной головки (рисунок 4).

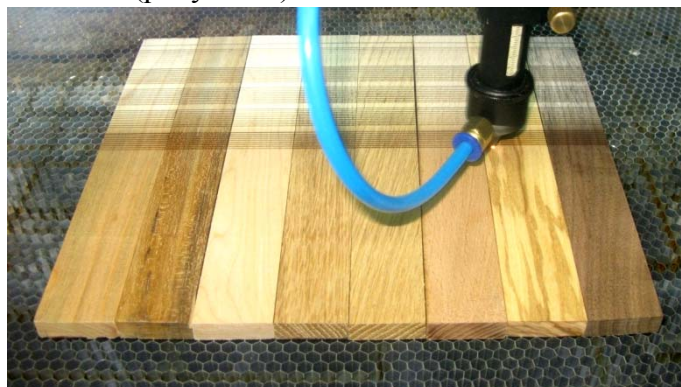


Рисунок 4 - Лазерное резание образцов древесины

В результате было сделано 100 резов с различными скоростно-мощностными режимами. Образцы после проведения эксперимента приведены на рисунке 5.

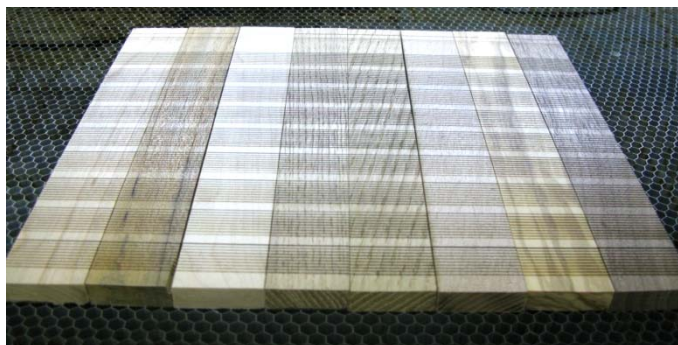


Рисунок 5 - Образцы после испытаний

Для удаления следов ожога с кромки все образцы были профрезерованы на станке Beaver 9AT.

Измерения глубины реза выполнялись на отсканированном изображении кромки образцов с помощью ПО AutoCad.

По результатам измерений построены графики, приведенные на рисунке 6.

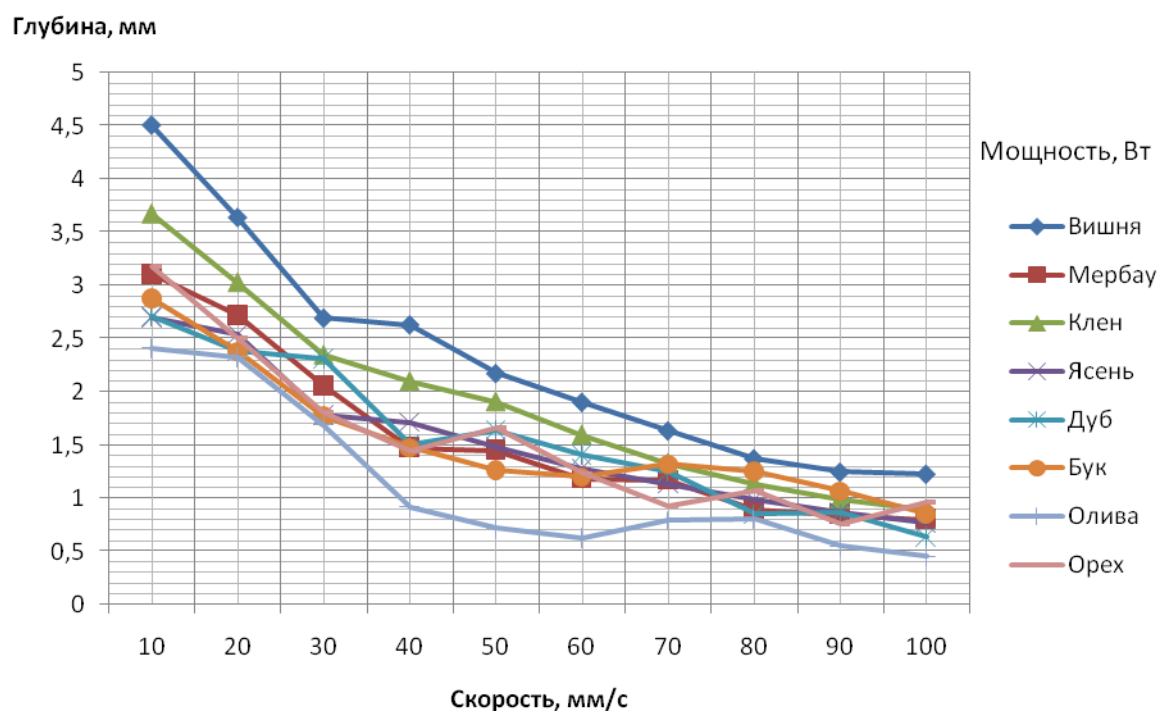


Рисунок 6 - Зависимость глубины реза от скорости резания при мощности ЛИ 65 Вт

Глубина реза находится в обратно пропорциональной зависимости от скорости резания - на малых скоростях (10-30 мм/с) наибольшая глубина реза (1,5-4,5 мм). Это объясняется тем, что на малых скоростях воздух, подающийся компрессором на лазерную головку, более интенсивно участвует в процессе испарения (горения) и способствует процессу резания.

Легче всего лазерным излучением обрабатывается древесина вишни и клена – при скорости 10 мм/с глубина реза составляет 4,5 мм, сложнее всего – древесина оливы – глубина реза составляет 2,5 мм.

## Библиографический список

1. Обзорная информация. Мебель, № 2 «Лазерное технологическое оборудование для обработки древесины и древесных материалов» - Москва, 1989.
2. Бирюков М.В., Клеба Н.П., Сорокин Д.С., Росляков А.А. Лазерная установка для резания древесины и плит. Деревообрабатывающая промышленность, № 3, - М: Лесная промышленность, 1986 - 32с.
3. К вопросу о режиме резания шпона ценных пород древесины // Деревообработка: оборудование, менеджмент XXI века. Труды V международного евразийского симпозиума / Под научной ред. В.Г. Новоселова – Екатеринбург, 2010. С. 232 – 234, 310с.
4. К вопросу о технологическо-художественном потенциале лазерного резания древесины // Деревообработка: оборудование, менеджмент XXI века. Труды V международного евразийского симпозиума / Под научной ред. В.Г. Новоселова – Екатеринбург, 2010. С. 83 – 85, 310с.
5. Разработка алгоритмов преобразования растровых изображений в векторный формат для изготовления изделий в технике маркетри на лазерном оборудовании // Научное творчество молодежи - лесному комплексу России: матер. VII Всерос. науч. – техн. конф. / Урал. гос. лесотехн. ун-т. – Екатеринбург, 2011. – Ч. 2. - 367с.

**Левинский Ю.Б. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)**

**Савельев В.В. (ТГСХА, г. Тюмень, РФ)**

## **ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ ГНУТЬЁ ДРЕВЕСИНЫ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ НАДЁЖНОСТИ КРИВОЛИНЕЙНЫХ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ**

### **PRE-BENDING WOOD AS A FACTOR FOR ADVANCING RELIABILITY OF CURVED BEARING BEAMS**

*Getting bent pieces of various woods is investigated and the results are presented in this article. Technical parameters for bending depending on a plasticization way, sizes and structure of a workpiece are defined. We proposed theoretical explanation of the experimentally observed: 1) defectless deformation while bending and 2) manufacturing curved glued beams made of pre-bent plies.*

Сборные и гнутоклеёные деревянные рамы используются в современной строительной индустрии при сооружении спортивных, производственных и административно-хозяйственных зданий. Они достаточно просты в изготовлении, удобны при монтаже и надёжны в эксплуатации. Наибольшее распространение получили сборно-разборные рамы и гнуто-клеёные конструкции стрельчатого типа.

Производственный и коммерческий интерес к деревянным балкам и рамам существенно вырос в связи с развитием малоэтажного домостроения. Предпочтение отдаётся конструкциям, обладающим лёгкостью, изяществом форм, долговечностью и универсальностью. Проектирование деревянных несущих конструкций и расчётно-аналитическая оценка их надёжности всегда связаны со значительными трудностями, которые обусловлены неоднородностью свойств древесины, влиянием пороков и дефектов на прочность, анизотропией материала. Поэтому увеличение размера расчётного сечения напряжённых элементов является самым простым и действенным методом уменьшения риска разрушения конструкции. Однако, он не является безусловно рациональным и эффективным. Во-первых, увеличивается потребление всех видов производственно - технологических ресурсов на изготовление продукции. Во-вторых, балки и рамы часто оказываются чрезмерно массивными и громоздкими. прямые и изогнутые балки можно усилить за счет использования армирующих элементов из прочных материалов [1,2] или применения древесины разных пород [3]. Например, если в составе слоистых балок имеется до 50% заготовок из древесины лиственницы в растянутом и сжатом поясах, то предельное сопротивление конструкции изгибу повышается на 20 – 30 % [3]. В гнутоклеёных конструкциях жёсткая древесина не даёт такого эффекта. Нередко возникают избыточные внутренние напряжения, ориентированные на восстановление прямолинейной формы и приводящие к скалыванию по клеевому слою. Для получения надёжных гнутоклеёных конструкций необходимо изыскивать сравнительно гибкие, пластичные и прочные на разрыв материалы. В определенной мере эта задача может быть решена за счет использования относительно пластичной и мягкой древесины. Поскольку, собственная прочность такой древесины, например, осины, невысока, то механического усиления несущих элементов ожидать не следует. Существуют также проблемы с получением высокопрочных клеевых соединений, поскольку проникновение клея в низкоплотную древесину оказывается глубоким, а клеевая прослойка - тонкой и зачастую не сплошной. Чтобы исключить или уменьшить отрицательное влияние этих факторов и явлений на показатели эксплуатационной надёжности, необходимо выполнить следующие условия:

- обеспечить гибкость и способность к формованию склеиваемых деталей;
- сохранить заданную изогнутую форму клеёной конструкции в течение длительного времени при номинальных условиях эксплуатации изделия;
- добиться согласованности физико-механических характеристик клея и древесины для относительно широкого диапазона внешних нагрузок и воздействий;
- гарантировать эффективное по конструкционным возможностям взаимодействие клея с древесиной.

Если исходить из условий надёжности слоистых балок по гарантиям качества клеевых соединений, то следует оптимизировать систему «клей- древесина». Это означает, что напряженное состояние в клеевом соединении должно быть минимальным, а точнее сбалансированным в широких границах внешних воздействий (нагрузки, влажность, температура, и др.). Авторами многочисленных исследований [4] определены наиболее характерные взаимосвязи между этими факторами и динамикой напряженного состояния конструкций.

Усадочные напряжения ещё больше влияют на прочность и формоустойчивость изогнутых или профилированных клеёных конструкций. Для сохранения целостности клеевых соединений в течение длительного эксплуатационного периода необходимо обеспечить достаточную адгезионно-когезионную прочность системы. При этом внут-

ренние нормальные напряжения не должны превышать величины в 0,5 МПа. Максимальное растягивающее напряжение поперёк волокон по наиболее неблагоприятным схемам комплектации многослойных блоков сопоставимо с прочностью древесины (3,6 МПа). Существенно влияют на показатели эксплуатационной надёжности циклические и знакопеременные воздействия (усушка, разбухание, ударные нагрузки и пр.). Они доводят предел усталости до 1 МПа [4].

В гнутоклеёных конструкциях динамика напряжений в зависимости от условий эксплуатации и подбора пакетов по структуре будет ещё более сложной и труднопредсказуемой. В связи с этим армирование балок или рам в сочетании с предварительным гнутьём заготовок может способствовать стабилизации формы всей конструкции и уменьшению опасных внутренних напряжений. Гнутьё заготовок (ламелей) является процедурой интенсивного создания необратимой (остаточной) деформации без разрушения целостности материала. Нарастание деформации и уменьшение прочности древесины при длительном воздействии постоянной нагрузки отмечено многими учёными. Это явление учитывается во всех несущих деревянных конструкциях ещё на этапе проектирования. В частности рекомендуется принимать в расчётах на прочность при изгибе величину предельного сопротивления на 50% ниже предела прочности материала в исходном его состоянии. Следовательно, уменьшение прочности заготовок в процессе гнутья не повлечет за собой снижения прочности клеёной балки. Прочность древесины по завершении процесса управляемого деформирования сократится лишь на 12 – 17%. Начало разрушения древесины в нагруженной конструкции связано с достижением предельной величины деформации. Но процесс гнутья заготовок завершается на оптимальной ступени деформирования, а полученный прогиб искусственно стабилизируется тем или иным способом. В итоге оказывается, что при склеивании изогнутых деталей между собой и последующей эксплуатации клеёной конструкции в ней происходит перераспределение внутренних напряжений. Избыточные напряжения в древесине, таким образом, купируются за счёт принудительного гнутья заготовок и фиксации радиуса искривления в относительно благоприятных условиях деформирования материала.

На основании экспериментов, проведенных авторами, выявлены некоторые возможности получения изогнутых заготовок для криволинейных элементов клеёных деревянных рам (табл. 1).

Таблица 1 – Предельные радиусы гнутья заготовок (радиальная распиловка)

Порода древесины	Толщина заготовок	Значения радиуса искривления, мм, при обработке образцов способами			
		СВЧ	кипячение	вымачивание	контрольные (влажность 15%)
сосна	10	3,55	2,79	2,90	4,90
	15	4,33	3,26	3,55	6,51
	20	4,60	4,34	5,21	9,77
осина	10	1,95	1,50	2,44	3,25
	15	2,37	2,06	3,55	4,34
	20	2,90	3,00	4,60	5,58
берёза	10	3,55	3,40	4,11	4,60
	20	4,34	3,72	8,68	3,03

*Примечания: Нагрузка при изгибе заготовок с целью получения изогнутой формы – на уровне  $2/3 P_{max}$  ( $P_{max}$  - предельная разрушающая нагрузка для каждой породы древесины и сечения заготовки)*

Расчёт величины радиуса кривизны проведён по формуле

$$r = 0,125 \frac{l^2}{f}, \quad (1)$$

где  $l$  - расстояние между опорами, м;

$f$  - величина фиксированного прогиба заготовки по завершении гнутья древесины, м.

С учетом выявленных параметров предельного гнутья древесины определяются размеры и задаются оптимальные формы (кривизна) как отдельных ламелей, так и всей конструкции в целом. Значения поправочных коэффициентов принимаются по новому состоянию древесины, которое она приобретает после фиксации заданного профиля заготовок до их склеивания в конструкцию. Если касательные напряжения сдвига искусственно уменьшаются за счет предварительного гнутья древесины, то прочность склеивания будет обеспечена практически на том же уровне, что и для прямолинейных слоистых балок.

Расчетное напряжение изгиба определяется по формуле:

$$\sigma_u = \frac{M}{W_{HT}}, \quad (2)$$

где  $M$  – расчетный изгибающий момент;

$W_{HT}$  – момент сопротивления сечения (нетто).

Эти напряжения возникают при гнутье заготовок и зависят как от приложенных усилий, так и от параметров материала. Затем они по мере релаксации материала уменьшаются. Древесина является упруго-вязким материалом, и ей свойственно наличие трех видов деформаций - упругой, упруго-вязкой, пластической. Следовательно, полного возврата к исходному состоянию не происходит, а восстанавливающие усилия оказываются меньше тех, которые проявились в финале процесса гнутья.

Определяя разность этих внутренних усилий или величину работы деформации, можно расчетным методом установить степень силового воздействия на клеевое соединение в готовой конструкции сразу после завершения процесса склеивания в криволинейном контуре пресс-формы. Однако, достоверность оценки напряженно-деформированного состояния древесины по результатам расчетов обеспечиваются лишь в пределах соответствия процесса закону Гука. Исключая влияние многочисленных факторов на распресовку изогнутой конструкции (изменение влажности древесины, направление волокон по слоям блока, пороки, дефекты и т.д.) можно сделать вывод, что для «идеальных» условий упругая деформация составит не более 1/3 от общей. По исследованиям [5] на древесине, обработанной аммиаком и находящейся под нагрузкой в течение 600 с упругая деформация составила 16%, упруго- запаздывающая – 7%, остаточная – 77%. Таким образом, различные виды специальной подготовки древесины к гнутью и ее модификация пластифицирующими веществами могут способствовать повышению качества и стабильности изогнутых форм.

Для древесины разных пород установлены физико-механические показатели, которые используются в расчетах элементов строительных конструкций. Все необходи-



мые корректировки осуществляются через нормативные коэффициенты по различным факторам (условия эксплуатации, влажность древесины, размеры конструкции и т.д.).

При изгибе стержня (балка на двух опорах) возникают нормальные и касательные напряжения, которые оказывают непосредственное влияние на прочность материала. В процессе гнутья древесины происходит деформирование структуры, и проявляются внутренние усилия, величина которых зависит от породы, плотности, влажности, направления волокон и других факторов. После снятия внешней нагрузки заготовка стремится принять прежнюю (исходную) форму. Так как при длительном воздействии нагрузки на древесину, ее прочность снижается [6], то при расчетах несущих конструкций принимаются коэффициенты длительного сопротивления по наиболее характерным видам нагрузок и воздействий.

Таблица 2 – Изменение предела прочности древесины при действии длительной нагрузки (порода древесины – ель)

Величина нагрузки (% от предельной)	Значение предела прочности /модуля упругости (*10 <sup>3</sup> ), МПа по видам испытаний			
	сжатие вдоль волокон	растяжение вдоль воло- кон	статический изгиб	скалывание вдоль воло- кон
90	43,5/17,6	115,5/14,9	67,4/12,6	6,5
60	39,7/16,1	108,2/12,3	64,9/11,9	---

**Примечание** Средняя плотность древесины – 0,47 – 0,50 кг/дм<sup>3</sup>

При исследовании качества склеивания криволинейных (изогнутых) деревянных конструкций выявлено следующее противоречие. Использование прочной древесины (дуб, берёза, лиственница) способствует повышению предела сопротивления деревянных многослойных балок изгибу, сжатию, растяжению, но не гарантирует стабильности и надёжности клеевых соединений между ламелями в условиях сильной внутренней напряженности конструкций. С другой стороны, низкоплотная и относительно гибкая древесина, обладая меньшей механической прочностью, лучше воспринимает деформационные изменения, сохраняя целостность клеевых соединений. Поэтому при производстве и применении криволинейных несущих конструкций следует учитывать эффект пластичности как положительный фактор, тем более, что объективно утраченную долю прочности можно компенсировать введением в состав слоистых блоков из древесины дисперсной или локальной арматуры из высокопрочных материалов. Для подбора комбинаций склеиваемых пакетов можно руководствоваться известными соотношениями физико-механических показателей древесины (табл. 2) и результатами исследований по гнутью заготовок (табл. 1). Примерные исходные данные для расчёта элементов криволинейных конструкций даны в табл. 3, но для каждого конкретного случая следует проводить уточнение показателей древесины на основании результатов лабораторных испытаний.

Согласно данным табл. 3 физико-механические показатели древесины даже в пределах одной породы изменяются очень существенно. Это предопределяет необхо-



димось проведение индивидуального исследования свойств и состояния древесины, используемой в несущих клеёных конструкциях, в каждом конкретном случае производства КДК.

Таблица 3 – Основные физико-механические показатели для конструкционных расчетов (для гнуща древесины)

Порода древесины		Среднее значение показателей						Предельный расчетный радиус гнущья, м
		Плотность $\rho$ , кг/дм <sup>3</sup>	Пределы прочности, $\sigma$ , МПа, при			Модуль упругости при изгибе $E \cdot 10^3$ , МПа	Твердость древесины (ради- альная/ тангенциальная), МПа	
			растяжении, $\sigma_p$	сжатии, $\sigma_{сж}$	изгибе, $\sigma_{изг}$			
<u>Хвойные</u> сосна	*	0,505	109,0	46,1	86,9	11,3	22,5/23,2	4,32
	**	0,534	-	56,9	113,3	10,8	16,9/19,0	
	**	0,532	-	45,6	77,5	8,0	7,0/8,5	
Лиственница	**	0,665	124,0	62,3	112,4	12,5	31,5/33,4	5,90
	**	0,635	-	47,1	95,1		39,9/39,7	
Пихта	*	0,375	66,0	40,1	68,6	9,5	15,1/14,2	
	**	0,422	55,4	45,5	88,9		21,4/22,5	
Ель	*	0,445	101,0	45,4	79,2	14,5	17,5/17,8	6,12
	**	0,418	73,0	36,0	65,0	7,9	14,6/15,1	
<u>Лиственные</u> Берёза	*	0,640	137,0	54,6	111,4	18,4	35,9/32,1	5,50
	**	0,638	-	48,7	95,1	-	-	
	**	0,621	-	79,1	88,7	-	37,9/38,1	
Дуб	**	0,690	-	57,0	107,6	14,5	54,5/47,5	4,42
	**	0,723	-	62,8	121,9	13,7	59,6/61,0	
	**	0,740	175,0	72,0	129,3	10,2	59/52	
	**	0,711	-	51,2	97,9	13,7	55/54,8	
Осина	*	0,495	121,0	43,0	77,7	-	18,7/19,6	2,02
	**	0,450	-	39,0	56,0	5,7	22/25	
	**	0,492	-	35,0	67,3	6,6	18,3/19,7	

**Примечания:** \* - по Уголеву Б.Н.; \*\* - по Ванину С.И., Перельгину Л.М. и др.

Предельный радиус гнутья заготовок прямоугольного сечения, имеющих толщину 10 мм, рассчитывается по формуле

$$r_{рас} = \frac{2 E * h}{\sigma_{сж} (\sigma_{сж} / \sigma_p + 1)^2}, \quad (3)$$

Полученные значения отличаются от установленных экспериментальными методами весьма значительно (от 10 до 35%). В этой связи необходимо проводить испытания заготовок, предварительно пластифицированных в различных средах, и определять максимальные толщины ламелей.

Выводы.

1. Предварительное гнутьё заготовок для клеёных несущих конструкций криволинейной формы обеспечивает уменьшение внутренних напряжений в клеевых соединениях за счёт стабилизации профиля в каждом элементе слоистого блока, но ограничивается жёсткостью и толщиной ламелей.

2. Получение высокопрочных и надёжных в эксплуатации конструкций со значительным радиусом кривизны возможно при использовании в особо напряженных поясах гибкой древесины и межслойном армировании склеиваемого блока волокнами или тканевыми материалами, имеющими высокий предел прочности при разрыве.

3. Для теоретически обоснованных расчётов и определения параметров бездефектного и стабильного гнутья древесины необходимо учитывать возраст и место произрастания деревьев, структуру древесины и распиловки сортиментов, а также способы и средства модификации материала.

#### Библиографический список

1. Левинский Ю.Б.. Особенности конструирования и расчёта несущих элементов облегчённых гнутоклеёных рам [Текст]/ Ю.Б. Левинский, В.В. Савельев// Строительный вестник Тюменской области. Вып 1 (43). 2008. С. 44-49.
2. Накашидзе Б.В. Применение стеклопластиковой арматуры в клеёных деревянных балках [Текст]/ Б.В. Накашидзе// Использование древесины в жилищном строительстве Сибири: сб.науч. трудов СибНИИЭП. Вып.4. Новосибирск. 1973. С.55-60.
3. Варфоломеев Ю.А. Повышение эксплуатационной надёжности клеёных конструкций/ Ю.А. Варфоломеев// Обзор. информ. «Механ. обраб. древесины» ВНИИ-ПИЭИлеспром. Вып. 4. М. 1989. 62с.
4. Фрейдин А.С. Прогнозирование свойств клеевых соединений [Текст]/А.С. Фрейдин, В.Т.Вуба// М.: Лесная промышленность, 1980. 222с.
5. Ханов А.М. Прогнозирование свойств термомеханически модифицированной древесины [Текст]/А.М.Ханов, Л.Д.Сиротенко, Ю.Д. Храмцов, А.Н. Аношкин, П.Е.Андреев// УрО РАН: институт техн. химии. Екатеринбург, 1997. 140 с.
6. Леонтьев Н.Л. Упругие деформации древесины [Текст]/ Н.Л. Леонтьев// ЦНИИМОД. М.-Л.: Гослесбумиздат. 1952. 119с.
7. Уголев Б.Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения [Текст]: учебник для вузов// Б.Н. Уголев // МГУЛ. М. 2001.340 с.

Плешкова Н.В., Юрьев Ю.Л. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

[pnatalia.1989@mail.ru](mailto:pnatalia.1989@mail.ru)

**ПОЛУЧЕНИЕ НАНОПОРИСТЫХ АНИОНООБМЕННИКОВ НА  
ОСНОВЕ ТЕРМОХИМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ДРЕВЕСИНЫ**  
*MANUFACTURING NANOPOROUS ANION EXCHANGERS ON THE  
BASIS OF THERMOCHEMICAL TREATMENT OF WOOD*

*Developed in the Research Institute of biotechnology and nanomaterials (USFEU) technology of thermochemical treatment of peat allows to obtain peatcoal – initial nanoporous carbon matrix. This technology is perspective for Sverdlovsk region because of great local peat deposits.*

По данным Международного лесного общества (IPS, 1995) древесные ресурсы в мире составляют более 400 млн. гектаров. Первоначально древесина использовалась исключительно в энергетических целях, как топливо. Вторым и самым крупным направлением является использование древесины в сельском хозяйстве, садоводстве, тепличном хозяйстве. Третьим направлением является производство продукции переработки древесины и ее использование в различных отраслях.

Древесина может служить основой для получения таких уникальных по своим свойствам нанопористых продуктов таких как активные угли.

Активные угли - продукт глубокой переработки древесины, получаемый в результате химического изменения древесной крошки под действием высоких температур без доступа других химических реактивов. В этом технологическом процессе происходит выделение газов, воды и дегтя с образованием твердого остатка, который значительно отличается от исходной древесины по составу и свойствам. Этот остаток и есть активный уголь.

Активные угли получают карбонизацией и последующей активацией органических веществ растительного происхождения (торфа, бурого угля, древесных материалов, отходов бумажного производства и др.). Один из наиболее перспективных видов сырья для производства активного угля — древесина и остатки его химической переработки. Использование древесного сырья позволяет получать высококачественные сорбенты, а также гранулированные активные угли без введения дорогостоящих связующих, являющихся, как правило, канцерогенными веществами. Активацию проводят двумя основными способами: окислением в среде газа либо пара, обработкой химическими реагентами (например, хлоридом цинка, сульфидом калия). В процессе активации создаются высокоразвитая микропористая структура и активные центры.

Активные угли применяют в рекуперационных и адсорбционных установках (при рекуперации органических растворителей, разделении газовых смесей и др.), в средствах противогазовой защиты, а также в газовой хроматографии, медицине и т.п. Выпускаются активные угли: осветляющие — для обесцвечивания растворов (в СССР марки А, Б, МД, ОС, АГС-4); рекуперационные — для улавливания и возврата в производство паров летучих растворителей (АР-3, АРТ, АРТ-2, СКТ-3); газовые — для ад-

сорбции газов, паров и растворённых веществ, молекулы которых по размерам близки к молекулам парообразных веществ (АГ-2, СКТ, СКТ-1А, КАД-иодный, БАУ и др.).

В промышленности, путем термохимической переработки древесины получают активные угли марки Активные угли БАУ-А и ДАК. Они имеют сильно развитую общую пористость, широкий диапазон пор и значительную величину удельной поглощающей поверхности (700-800 м<sup>2</sup> в 1г угля). Такие характеристики дают возможность эффективного использования углей активных древесных марки БАУ-А для очистки жидких сред от широкого спектра примесей (от мелких, соизмеримых с молекулами йода, до молекул жиров, масел, нефтепродуктов, хлорорганических соединений и др.).

Активированный уголь марки БАУ изготавливается на основе древесного угля. К тому же активированный уголь марки БАУ находится на уровне аналогичных материалов западных фирм. Технические характеристики активного угля марки БАУ приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики активного угля марки БАУ

Показатели	Промышленные БАУ
1.Прочность при истирании, %, не менее	60
2.Массовая доля влаги, %, не более	10,0
3.Адсорбционная активность по йоду, %, не менее	60
4.Размер гранул, мм	2,0-2,5
5. Массовая доля золы, %, не более	6,0
6. Насыпная плотность, г/дм <sup>3</sup> , не более	240

Мы разработали технологию получения нанопористых анионообменников на основе термохимической переработки древесины, и полученные нами активные угли по техническим характеристикам не уступают промышленным. Технические характеристики активных углей полученных по нашей технологии приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Технические характеристики активных углей полученных по технологии УГЛТУ

Показатели	Активный уголь
1.Прочность при истирании, %, не менее	63
2.Массовая доля влаги, %, не более	10,0
3.Адсорбционная активность по йоду, г/дм, не менее	60
4.Размер гранул, мм	2,0-2,5
5. Массовая доля золы, %, не более	6,0
6. Насыпная плотность, г/дм <sup>3</sup> , не более	240

Разработанная нами технология не уступает промышленным по техническим характеристикам, но стоит значительно дешевле.

Прасова А.Ф., Уласовец В.Г. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)  
[mod@usfeu.ru](mailto:mod@usfeu.ru)

## **К ВОПРОСУ О ПРОЕКТИРОВАНИИ ИЗДЕЛИЙ МЕБЕЛИ ДЛЯ ЛЮДЕЙ, ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ КОТОРЫХ ОГРАНИЧЕНЫ**

### ***DESIGNING FURNITURE FOR HANDICAPPED PEOPLE***

*The paper considers designing furniture for handicapped people.*

Производство товаров и услуг для людей с ограниченными физиологическими возможностями является важной задачей общества при обязательной и достаточной поддержке государства.

Чаще всего выделяют следующие категории таких людей: с поражением опорно-двигательного аппарата; с дефектами зрения; с дефектами слуха.

Одной из задач при разработке мебели для отмеченных категорий является полнейший учёт характерных антропологических и физиологических особенностей этих групп людей с одновременным обеспечением для них максимальной надёжности и комфорта.

Специфические особенности людей вышеупомянутых категорий оказывают влияние не принципы проектирования и изготовления изделий мебели для них. В группе населения с поражением опорно-двигательного аппарата необходимо выделить две следующие группы: люди, использующие при передвижении различные приспособления для ходьбы, и люди, использующие кресла-коляски.

Стоит отметить, что возможности людей с поражением опорно-двигательного аппарата по своим антропометрическим и эргономическим признакам существенно отличаются от здоровых людей. Такие люди испытывают затруднения в передвижении, в пользовании балконами, лоджиями, бытовой и офисной мебелью, санитарно-техническим оборудованием квартир и учреждений. Рабочие поверхности проектируемых столов и тумб в этих условиях должны сочетаться с размерами кресла-коляски и быть удобными для использования. Различные полки должны быть размещены в зоне, позволяющей свободно до них дотянуться. Здесь возможно применение специальной фурнитуры и приспособлений для манипуляции элементами мебели.

На мировом рынке современной мебели в настоящее время активно работают итальянская компания «LAREIRA» и испанская «ACCEX», которые создали для людей с ограниченными физиологическими возможностями ряд изделий мебели (для кухни, гостиной и спальни комнаты). При этом разработка эргономической среды была выстроена, как правило, по принципу перемещения и регулировки уровня поверхностей мебельных изделий на необходимую пользователю высоту при помощи электропривода и направляющих, которые регулируют пультом управления.

В настоящее время в России на рынке широко представлен ассортимент мебельных изделий для медицинских учреждений. Предприятия предлагают мебель для палат, операционных, медицинских кабинетов и т.п. Однако, приходится с сожалением отметить, что изготовление мебели, соответствующей эргономическим потребностям людей

с ограниченными физиологическими потребностями, в нашей стране практически отсутствует.

Некоторые попытки изменить состояние дел в этой практически пустой нише предприняло предприятие «Форема - Кухни».

Так на выставке "Мебель-2005" (Москва) был представлен некоммерческий продукт, не предназначенный для широкой продажи – опытный образец набора кухонной мебели для людей с нарушениями функций опорно-двигательного аппарата. В экспонированном кухонном гарнитуре рабочие поверхности фиксированы, но их высота выбрана с учётом антропометрических размеров упомянутой группы людей.

По признанию сотрудников предприятия "...модель создавалась во многом интуитивно, без привлечения профессиональных экспертов-медиков, хотя в конечном итоге разработку высоко оценили специалисты ВНИИТЭ. К созданию кухни для слабовидящих людей мы подошли более осознанно ...", так как был изучен опыт производств аналогичных изделий в Германии.

Сегодня такую мебель предприятие может изготовить по индивидуальному заказу, однако стоимость её будет неподъёмной для, как правило, небогатого заказчика. Заказ у предприятия нестандартной мебели обходится дорого. А на данной фабрике в настоящий момент ещё отсутствует отлаженный технологический процесс производства данного вида мебели, поэтому себестоимость продукции будет выше, чем при производстве аналогичных изделий при выстроенном технологическом процессе.

Очень важен при проектировании мебели учёт требований инвалидов с дефектом зрения. Здесь можно выделить две основные группы: полностью слепые люди и люди с остаточным зрением. Слепые, у которых не нарушено антропометрическое строение организма, пользуются тростью, увеличивающей габариты обычных людей. Эти люди испытывают затруднения в передвижении и ориентации в пространстве. Для них большое значение при проектировании мебели приобретает система дополнительных ориентиров: контрастных сочетаний цвета и фактуры, тёплых и холодных материалов, звуковых сигналов, специальных направляющих и предупреждающих устройств, рельефных и силуэтных таблиц, указателей с надписями-подсказками по методу Брайля.

Люди с дефектами слуха по своим антропометрическим характеристикам близки к здоровым людям и не требуют внесения корректив в основные параметры элементов окружающей их среды. Однако, эти люди затрудняются в ориентации и поэтому при разработке мебельных изделий необходимо учитывать целый ряд требований к устройству дополнительной визуальной и световой информации, а также электроакустических приспособлений.

В России медленно начинает заполняться ниша рынка производителей изделий мебели для людей с ограниченными физиологическими возможностями. Здесь предполагаются большие совместные усилия профессионалов технологов, дизайнеров, конструкторов, сотрудников медицинских учреждений, экономистов по исследованию особенностей технических, технологических и экономических параметров для разработки обозначенных изделий.

Для успешного решения отмеченных задач потребуется не только инициатива частных производителей, но также ответственное и заинтересованное отношение к этой проблеме со стороны государства.

Прокопьева Д.П., Руденко Б.Д.  
(СибГТУ, г. Красноярск, РФ) [darena1986@mail.ru](mailto:darena1986@mail.ru)

## СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ФАКТОРОВ ВЛИЯЮЩИХ НА ФОРМИРОВАНИЕ АДГЕЗИОННОЙ ПРОЧНОСТИ В СИСТЕМЕ «ЦЕМЕНТ – ДРЕВЕСИНА»

### SYSTEMATIZATION OF THE FACTORS INFLUENCING ON THE ADHESIVE DURABILITY IN CEMENT-WOOD COMPOSITES

*It is shown that adhesive interaction between components in cement-wood composites defines both manufacturing methods and properties of manufactured composite materials.*

Процесс адгезионного взаимодействия в цементно-древесных композитах (ЦДК) определяет как технологию их изготовления, так и свойства получаемого композиционного материала. Производство таких материалов позволяет решить задачи: утилизация отходов деревообработки и лесозаготовки, создание эффективных строительных материалов и соответственно новых технологий в малоэтажном домостроении.

Цель: Определить факторы адгезионного взаимодействия в системе «цемент-древесина».

Адгезия – (лат. *adhaesio* – прилипание, сцепление, притяжение) – поверхностное явление, которое заключается в возникновении механической прочности при контакте поверхностей двух разных тел (конденсированных фаз). Причиной адгезии является молекулярное притяжение контактирующих фаз или их химическое взаимодействие. Явление адгезии лежит в основе образования прочного контакта (склеивания) между твердым телом – *субстратом* и клеящим агентом – *адгезивом*, являющимися основными компонентами *адгезионного соединения* [1].

Прочность адгезионного соединения определяет основные механические свойства композиционных материалов.

Один из основополагающих факторов упрочнения структуры бетона улучшение сцепления заполнителя с прослойками цементного камня. Это предопределяет необходимость глубокого изучения процессов и явлений, имеющих отношение к сцеплению древесины с цементным камнем, так как рассматриваемое свойство двух разных по своей природе материалов является важным условием, определяющим прочность и долговечность ЦДК.

Адгезия является многофакторным показателем, зависящим от природы связующего и наполнителя, свойств их поверхностей площади контакта, условий формирования композита и др.

Процесс склеивания состоит из двух стадий – прилипания и собственно склеивания. Первая стадия должна обеспечить наилучший контакт и взаимодействие со склеиваемой поверхностью, вторая – гарантировать нормальную работу клеевого шва под воздействием влаги, температуры и других факторов [3].

Различают несколько механизмов (и соответственно теорий адгезии) в зависимости от природы взаимодействующих тел и условий, при которых происходит адгезия. Механическая адгезия осуществляется путем затекания в поры и трещины поверх-

ности твердого тела жидкого адгезива, который затем затвердевает, обеспечивая механическое зацепление с твердым телом. Согласно молекулярному (адсорбционному) механизму адгезия возникает под действием межмолекулярных ван-дер-ваальсовых сил и водородных связей. Для такой адгезии применимо известное правило сходства веществ по полярности: чем ближе по полярности адгезив и субстрат, тем более прочен контакт между ними. Электрическая теория связывает адгезию с возникновением двойного электрического слоя на границе раздела между адгезивом и субстратом. Отслаивание, как и раздвижение обкладок конденсатора, вызывает увеличение разности электрических потенциалов, которое обуславливает прочность адгезионного контакта. Диффузионный механизм предусматривает взаимное проникновение молекул и атомов в поверхностные слои взаимодействующих фаз. Процесс диффузии приводит как бы к размыванию границы раздела фаз, взаимному их растворению в местах контакта. Отдельно выделяется механизм, обусловленный химическим взаимодействием при адгезии. В конкретных условиях один из механизмов может преобладать, чаще же механизм адгезии является смешанным [1].

Проблему сцепления древесины с цементным камнем в нашей стране изучали [2] проф. И. Л. Кириенко, М. Л. Киения (1930—1931 гг.), Г. Д. Цискрели (1933 г.), В. П. Петров и И. М. Пушкин (1935—1937 гг.). Было установлено, что сцепление древесины с цементным раствором и бетоном зависит от водно-цементного отношения ( $V/C$ ) смеси, условий хранения конструкций, влажности, шероховатости и формы деревянных древесных частиц.

До настоящего времени в лабораторной практике не существует общепринятой методики определения величины сцепления древесины с минеральными вяжущими веществами.

Понимание специфических особенностей сцепления композиции «древесина – цементный камень» помогает правильно ориентироваться при выборе способов повышения адгезионной прочности в структуре ЦДК.

В статье нами рассмотрены факторы, влияющие на адгезионную прочность в системе «цемент – древесина» на примере арболита.

При исследовании адгезии древесины с цементным камнем И. Х. Наназашвили [2] изучалось влияние различных факторов на величину их сцепления, в том числе породы древесины; характера ее поверхности; толщины прослойки цементного камня; способа химической и физической обработки; вида добавки в цементное тесто; направление среза склеиваемых поверхностей (радиальный, тангенциальный срезы); направление волокон; площадь, занимаемая поздней древесиной; а также условия изготовления и хранения заполнителя.

При уменьшении удельной поверхности древесного заполнителя до некоторого предела прочность арболита растет. Снижение прочности при значительной крупности заполнителя отчасти может быть объяснено влиянием больших влажностных деформаций, вызывающих развитие напряжений в контактных зонах в процессе твердения и сушки, а при использовании мелкой фракции – значительным уменьшением толщины цементных прослоек в структуре из-за большой удельной поверхности заполнителя.

С ростом шероховатости поверхности адгезионная прочность сцепления древесины цементным камнем увеличивается. Рост адгезионной прочности, вероятно, связан с появлением большого числа активных центров, увеличением истинной площади кон-



такта и механическим сцеплением ворсинок и углублений, выполняющих функцию своеобразных шпонок и заклепок.

С увеличением площади поздней древесины на склеиваемых поверхностях моделей заполнителя наблюдается значительное снижение адгезионной прочности, что можно объяснить более низкой сцепляемостью этих участков с цементным камнем и возможностью развития значительных влажностных деформаций из-за повышенной плотности поздней древесины. На участках поздней древесины наблюдается адгезионный вид разрушения, тогда как на участках ранней древесины происходит смешанное, или когезионное (по древесине или цементному камню) разрушение. Преимущественное проникание цементного геля в трахеиды ранней древесины ели и сосны может быть объяснено ее анатомическим строением. Деформативность разных участков хвойных пород неодинакова. Это дает основание предположить, что в контактных зонах структуры ЦДК на участках поздней древесины могут наблюдаться большие влажностные деформации, чем на участках ранней древесины. Наименьшая разность таких деформаций характерна для древесины ели. Предпочтение, которое отдавали древесине ели при производстве цементно-древесных материалов, объяснялось ранее меньшим содержанием в ней легкогидролизуемых веществ. Заполнитель из ели имеет еще и то преимущество, что величина его сцепления с цементным камнем выше, чем у других пород древесины, и в процессе твердения и сушки арболита, в контактных зонах его структуры образуются меньшие влажностные деформации вследствие более высокой, чем у других пород, однородности структуры. В годичных слоях сосны четко различаются ранняя и поздняя древесина; широкополостные и относительно тонкостенные трахеиды (клетки) ранней части более приспособлены к водопроводящей функции, чем узкополостные и относительно толстостенные трахеиды поздней части. Участки поздней древесины имеют значительно большую плотность, чем ранней, и характеризуются более низким значением сцепления с цементным камнем, тогда как на участках ранней древесины преобладает смешанный характер разрушения, что указывает на большую величину сцепления. Это можно объяснить прониканием в открытые полости трахеид цементного геля из-за более высокой поверхностной пористости ранней древесины по сравнению с поздней, благодаря чему адгезионная прочность увеличивается и за счет механического сцепления.

Адгезионная прочность моделей тангенциального среза древесины на склеиваемых поверхностях больше, чем у моделей той же породы радиального среза. Это может быть объяснено большим содержанием поздней древесины на поверхности пластин. Для моделей тангенциального среза склеиваемых поверхностей из разных пород древесины адгезионная прочность различна: у ели она выше, чем у сосны, вследствие разного содержания ранней и поздней древесины. Так, у ели площадь поздней древесины в тангенциальном срезе составляет 13 %, а у сосны — 30 %.

При одинаковой шероховатости деревянных моделей адгезионную прочность можно изменять обработкой поверхности, что подтверждает наличие межмолекулярного взаимодействия на границе «вяжущее — древесина». При химическом модифицировании поверхности древесного заполнителя эти соединения вступают в химическую реакцию с гидроксильными группами древесины. Даже незначительное модифицирование вызывает изменение химического взаимодействия вяжущего и древесины. Деревянные пластины моделей, прошедшие высокотемпературную сушку, показали боль-

шую прочность сцепления с цементным камнем, чем модели без термообработки, но меньшую, чем модели, обработанные раствором хлористого кальция и хлористого алюминия. Значительное повышение адгезионной прочности у термообработанных моделей частично может быть объяснено стабилизацией их объема, обусловливаемой образованием эфирных связей, сопровождающих потерю связанной воды, и переходом легкогидролизующихся веществ (простейших сахаров) «цементных ядов» в более труднорастворимые соединения.

Предполагается, что адгезия системы «древесина – цементный камень» обуславливается взаимодействием гидрата оксида кальция, образующегося при твердении портландцементного теста в контакте с полярными функциональными группами компонентов древесины – целлюлозы, лигнина, гемицеллюлозы.

Величина сил связи между цементным тестом (в дальнейшем преобразуемого в цементный камень) и стенками клеток древесины может быть объяснена положениями адсорбционной теории адгезии. Известно, что составные части древесины, в первую очередь целлюлоза, обладают структурной поляризацией (поверхность молекулярных цепей целлюлозы, гемицеллюлозы и лигнина несут заряд) [4], поэтому должны хорошо соединяться полярными веществами. Однако отрицательные участки годичных слоев (ранней и поздней древесины) и стенок клеток содержат неодинаковое количество целлюлозы, гемицеллюлозы, лигнина и других веществ и обладают разной степенью полярности, вследствие чего показатели адгезии составных частей древесины с цементным камнем различны. По степени полярности целлюлоза занимает первое место, затем идет гемицеллюлоза и, наконец, лигнин [5]. Отсюда вывод: чем больше древесина содержит целлюлозы, тем лучше ее сцепление с цементным камнем. Для повышения сцепления древесного заполнителя с цементным камнем наиболее эффективным оказывается введение химикатов и добавок, которые более полярны.

В работе [3] А. С. Щербаков, с глубоким пониманием процессов структурообразования арболита, предложил описывать прочность от структурных факторов зависимостью, где определил некоторые факторы как прямо пропорционально влияющие на прочность, а другие, как обратно пропорционально влияющие. Однако такое деление справедливо лишь на некоторых участках их диапазонов, которые не указаны в работе. Он также отмечает влияние породы древесины, ее химического состава, введение в состав химических добавок, влияние выдержки древесного заполнителя в естественных условиях его биологической обработки, фракционного состава на адгезию в арболите.

Необходимо отметить, что на адгезионную прочность влияет густота цементного теста, и его химическая активность. Чем выше вязкость раствора, тем на меньшую глубину он может проникнуть в поры древесины. Чем ниже реакционная способность компонентов цемента, тем меньше вероятность возникновения адгезии посредством химической связи.

Следует уточнить влияние факторов на структурную прочность в более широком диапазоне их изменения. Кроме того, используя результаты более поздних исследований, следует уточнить также и сами факторы.

Не учитывая влияния технологических факторов, взаимосвязь параметров структуры арболита и влияние их на формирование прочности в общем виде можно представить:

1. Адгезионная прочность в системе «цемент – древесина» зависит от удельной поверхности заполнителя, коэффициента формы частиц, шероховатости древесного заполнителя, пористости, химической активности компонентов композита, В/Ц, площади занимаемой ранней зоной древесины, расхода цемента на единицу объема, количества химически активных добавок, содержания целлюлозы в древесине, от степени протекания процессов преобразования структурных и химических характеристик древесины в процессе ее выдержки в естественных или иных условиях. Эти факторы выражаются возрастающей функцией.

2. Прочность в системе «цемент – древесина» зависит от анизотропии древесины (усушка, разбухание), плотности древесины, площади занимаемой поздней зоной древесины, количеству легкогидролизуемых веществ, усилию контактирования. Эти факторы выражаются убывающей функцией

$$R_{\text{цд}} = f(F_{\text{уд}}, K_{\text{ф}}, R_{\text{а}}, R_{\text{ц}}, R_{\text{д}}, n_{\text{цел}}, (B/C), F_{\text{ран.д}}, Ц, A, C, X, h, \rho, F_{\text{поз.д}}, \mathcal{E}, \sigma),$$

где  $R_{\text{цд}}$  – прочность в системе «цемент – древесина», МПа;  
 $F_{\text{уд}}$  – удельная поверхность заполнителя,  $\text{кг/м}^3$ ;  
 $K_{\text{ф}}$  – коэффициент формы частиц;  
 $R_{\text{а}}$  – шероховатость древесного заполнителя, мкм;  
 $C$  – пористость древесины, %;  
 $R_{\text{ц}}, R_{\text{д}}$  – химическая активность компонентов композита;  
 $B/C$  – отношение количества воды к количеству цемента, %;  
 $F_{\text{ран.д}}$  – площадь занимаемая ранней зоной древесины, %;  
 $Ц$  – расход цемента на единицу объема, кг;  
 $A$  – количество химически активных добавок, %;  
 $n_{\text{цел}}$  – содержание целлюлозы в древесине, %;  
 $X$  – степень протекания процессов преобразования структурных и химических характеристик древесины в процессе ее выдержки в естественных или иных условиях, %;  
 $h$  – анизотропия древесины (усушка, разбухание), %;  
 $\rho$  – плотность древесины,  $\text{кг/м}^3$ ;  
 $F_{\text{поз.д}}$  – площадь занимаемая поздней зоной древесины, %;  
 $\mathcal{E}$  – количество легкогидролизуемых веществ, %;  
 $\sigma$  – усилие контактирования, МПа.

Влияние этих факторов на адгезионную прочность нелинейно, имеет различный характер, зависимость следует представить в некоторой форме, вид которой, предмет отдельного рассмотрения.

#### Библиографический список

1. Богданова, Ю. Г. Адгезия и ее роль в обеспечении прочности полимерных композитов [Текст] : Учебное пособие / Ю. Г. Богданова – Москва 2010 – 68 с.
2. Наназашвили, И.Х. Строительные материалы из древесно-цементной композиции [Текст] / И. Х. Наназашвили – Ленинград : «Стройиздат» 1990 г. – 414 с.

3. Щербаков, А. С. Арболит повышение качества и долговечности [Текст] / А. С. Щербаков, Л. П. Хорошун, В. С. Подчуфаров – М. : «Лесная промышленность» 1979 г. – 160 с.
4. Рязанова, Т. В. Химия древесины[Текст] / Т. В. Рязанова, Н. А. Чупрова, Е. В. Исаева – Красноярск 1996 г. – 356 с.
5. Вольхин, В. В. Общая химия [Текст] / В. В. Вольхин – С.-П., М., Краснодар : «Лань» 2008 г. – 464 с.

**Рогожникова И.Т., Новосёлов В.Г., Абдулов А.Р.**  
(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ШЕРОХОВАТОСТИ  
ОБРАБОТАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ ОТ ЗАТУПЛЕНИЯ ЛЕЗВИЯ  
ИНСТРУМЕНТА ПРИ ПРОДОЛЬНОМ ЦИЛИНДРИЧЕСКОМ  
ФРЕЗЕРОВАНИИ ДРЕВЕСИНЫ**  
*SURFACE QUALITY AND BLADE DULLING IN RIPPING OF THE  
PROCESSED SURFACE FROM TOOL RADIUS AT LONGITUDINAL  
CYLINDRICAL MILLING OF WOOD*

*Research of relationship between surface quality in terms of roughness parameters of machined surface and the sharpness angle of a blade is conducted.*

Шероховатость обработанной поверхности древесины является одним из основных показателей качества продукции деревообработки. Она определяет основные эксплуатационные свойства древесины – эстетические (отражающую и поглощающую способность поверхностей) и технологические (в частности, адгезию к лакокрасочным и клеевым покрытиям).

При фрезеровании древесины жесткие режимы эксплуатации инструмента приводят к высокой интенсивности его изнашивания, быстрому затуплению, потере режущих свойств. Износ режущего инструмента проявляется в изменении начальной микрогеометрии резца, образованной в процессе заточки, и оценивается радиусом вписанной в неё окружности. Увеличение радиуса закругления лезвия режущего инструмента приводит к увеличению микронеровностей разрушения. Это вызывает снижение качества обработки, по критерию «шероховатость обработанной поверхности» и вызывает отказ технологической системы продольного цилиндрического фрезерования по параметрам продукции. Модель этих отказов проанализирована численным экспериментом в работе [1].

Для исследования зависимости шероховатости обработанной поверхности древесины от затупления лезвия режущего инструмента, используемой в модели безотказности [1] при продольном цилиндрическом фрезеровании древесины, был проведен натурный эксперимент, в условиях деревообрабатывающего предприятия ООО «НИК», расположенного в г. Сысерть, на четырехстороннем продольно-фрезерном станке С25-4А. Постоянными факторами в эксперименте приняты: частота вращения ножевых головок: для нижней ножевой головки  $n = 3043 \text{ мин}^{-1}$ ; для боковых ножевых головок  $n =$

6076 мин<sup>-1</sup>; для верхней ножевой головки  $n = 5898$  мин<sup>-1</sup>, скорость подачи  $U = 14$  м/мин, влажность древесины  $W = 6-10\%$ , порода обрабатываемых заготовок - сосна, марка стали режущего инструмента - DS. Ножи, установленные на верхней и нижней головке, подвергались упрочнению с использованием концентрированных потоков высокой энергии (ионных пучков), а на боковых – без упрочнения.

Экспериментальная оценка показателей шероховатости обработанной поверхности древесины проводилась метрологическим методом – профилометрированием с помощью профилометра ПМД2-100 [2].

На рисунке 1 приведены графики зависимости параметров шероховатости  $R_a$ ,  $R_z$ ,  $R_{\text{max}}$  от радиуса затупления лезвия режущего инструмента  $\rho$ .

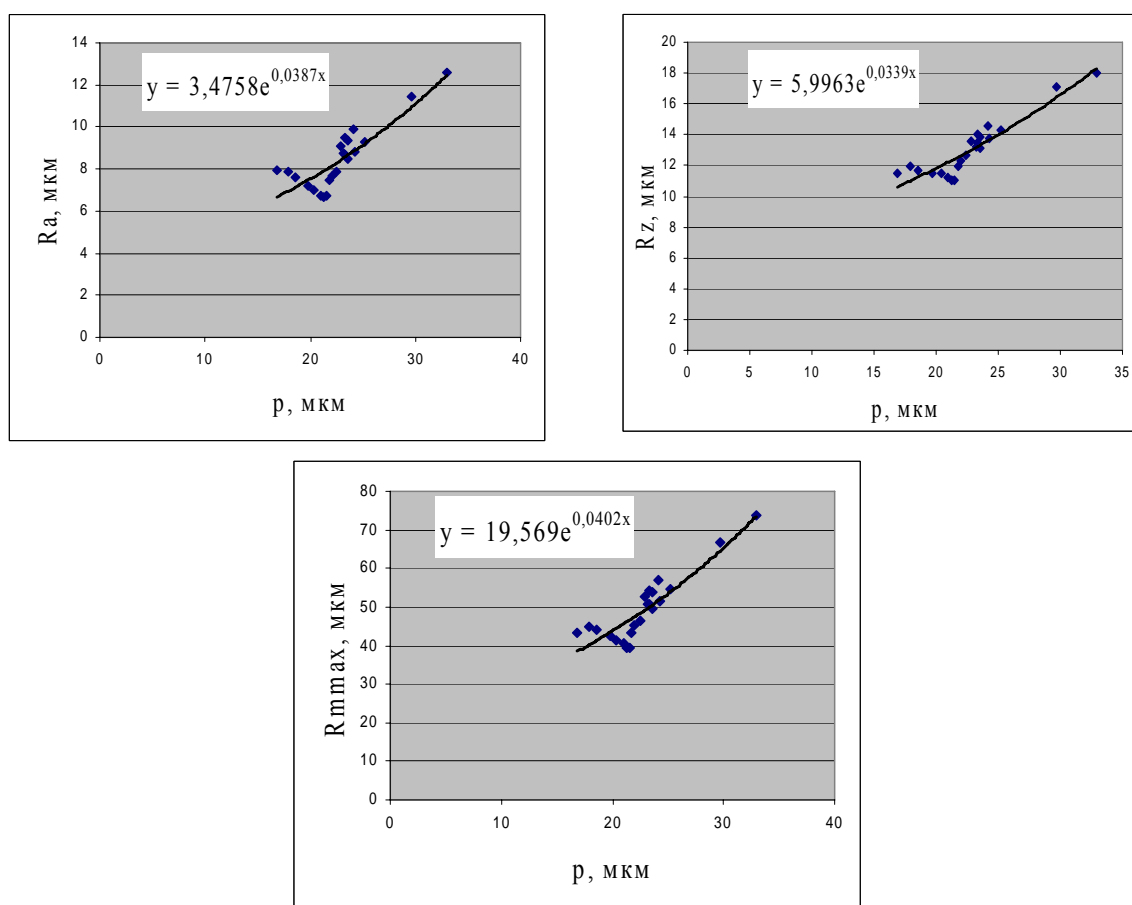


Рисунок 1 – Зависимость параметров шероховатости  $R_a$ ,  $R_z$ ,  $R_{\text{max}}$ , от радиуса затупления лезвия режущего инструмента  $\rho$

Анализ полученных графиков показывает, что в начальный период работы инструмента наблюдается некоторое снижение параметров шероховатости обработанной поверхности с последующим увеличением. Вероятно, это связано с тем, что каждый из параметров шероховатости ( $R_a$ ,  $R_z$ ,  $R_{\text{max}}$ ) интегрирует в своем значении как кинематическую волнистость, так и неровности разрушения. В начальный период работы, из-за погрешностей установки лезвий, максимальная высота неровностей определяется разностью радиусов поверхностей резания, образуемых каждым ножом [3], а неровности разрушения при резании острым лезвием минимальны. В период приработки из-за износа лезвий радиусы поверхностей резания выравниваются, кинематическая волнистость уменьшается более быстро, чем растут неровности разрушения, и общая шеро-

ховатость несколько снижается. В дальнейшем в формировании шероховатости начинают доминировать неровности разрушения, и общая шероховатость растет по экспоненциальному закону с достоверностью от 0,67 до 0,81.

Выводы:

1. Характер кривой зависимостей параметров шероховатости  $R_a$ ,  $R_z$ ,  $R_{\max}$ , от радиуса затупления лезвия режущего инструмента описывается экспонентой.
2. Полученные зависимости позволяют объективно устанавливать период стойкости инструмента, время подналадки оборудования и рационально организовать его эксплуатацию и техническое обслуживание для получения продукции деревообработки заданного качества по параметру «шероховатость поверхности».

## Библиографический список

1. Новоселов В.Г. Теоретическое исследование надежности технологической системы деревообработки по параметру качества продукции «шероховатость поверхности». [Текст] / В.Г.Новоселов, И.Т.Рогожникова //Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: труды международного евразийского симпозиума, Екатеринбург, 20-21 сентября, 2006 г./ Урал. гос. лесотехн. ун-т. – Екатеринбург, 2006. С. 117-122.
2. Рогожникова И.Т. Критерии, методы и средства определения надежности технологических систем деревообработки по показателю качества «шероховатость поверхности» [Текст]/ И.Т.Рогожникова, В.Г. Новоселов //Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: материалы II международного евразийского симпозиума, Екатеринбург, 2-5 октября 2007 г./ Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т.- 2007. С.94-99.
3. Глебов И.Т. Точность и качество деревянных фрезерованных поверхностей. [Текст] / И.Т Глебов //Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: труды международного евразийского симпозиума, Екатеринбург, 29 сентября-2 октября 2009 г./ Урал. гос. лесотехн. ун-т. – Екатеринбург, 2009. С. 129-136.

**Романова С.С., Мелешко А.В.**

(СибГТУ, г. Красноярск, РФ), [romsvs@mail.ru](mailto:romsvs@mail.ru)

## **ИЗМЕНЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПОВЕРХНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С ВОДНЫМИ ЛАКОКРАСОЧНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ CHANGING PINE WOOD SURFACE QUALITY WHILE INTERACTING WITH WATER-BASED PAINTS**

*The paper presents study of changing pine wood surface quality while interacting with water-based paints.*

Качество изделия определяется его эксплуатационными свойствами, такими, как прочность, био-, влаго- и светостойкость, шероховатость и др. Шероховатость в свою очередь оказывает большое влияние на декоративные свойства изделия.

Качество и свойства лакокрасочных покрытий (ЛКП) в большей степени зависят от свойств отделываемой поверхности (подложки). Важную роль в подготовке поверхности изделия из древесины играет ее шероховатость, которая зависит в основном от неровностей анатомического строения, особенностей кинематики движения режущего инструмента и движения подачи, вибрации режущего инструмента. Подготовка поверхности древесины к формированию ЛКП оказывает большое влияние на декоративные свойства покрытия, такие как цвет и блеск, а так же на смачивание и растекание лакокрасочных материалов на древесине.

Шероховатость древесины, образуемая в результате механической обработки, обычно представляет хаотичное чередование выступов и впадин. Особое значение приобретает ориентация микровыступов. Так, микровыступы, параллельные направлению течения лакокрасочных материалов, ускоряют растекание, тогда как поперечные выступы вызывают его замедление. С увеличением шероховатости поверхности уменьшается значение краевого угла смачивания.

На защитно-декоративные свойства покрытий также большое влияние оказывает свойства лакокрасочного материала (ЛКМ). В настоящее время большим спросом на деревообрабатывающих предприятиях пользуются ЛКМ на водной основе. В качестве связующего для водных лаков преимущественно используют акриловые дисперсии, а также полиуретановые эмульсии или их сополимеры. Лаки на водной основе имеют высокие эксплуатационные характеристики: влаго-, светостойкость, стойкость к истиранию, поэтому их применяют для отделки окон, дверей, паркета и т.д. Однако недостатком водных материалов является то, что при их взаимодействии с поверхностью древесины хвойных пород происходит не только увеличение ее микронеровностей (шероховатости), но и набухание поверхностного слоя подложки.

Целью работы являлось исследование изменения параметров поверхности древесины при взаимодействии с водными лакокрасочными материалами.

Для проведения исследований применялась древесина сосны с радиальным и тангенциальным срезом. Влажность образцов древесины составляла  $8 \pm 2$  %. Шероховатость поверхности подложки по ГОСТ 7016 – 82 параметр  $R_z$  не более 16 мкм. В качестве лакокрасочных материалов использовали водоразбавляемый самогрунтующийся лак для паркета AF 53XX с вязкостью 20 секунд и содержанием нелетучих веществ  $34 \pm 1$  % и тиксотропный лак на водной основе для наружных работ AZ 2130/XX с содержанием нелетучих веществ  $42 \pm 1$  % фирмы Sayerlack.

Шероховатость поверхности древесины и покрытия (параметры  $R_a$  и  $R_z$ ) измеряли профилометром TR100. Набухание поверхностного слоя древесной подложки определяли с помощью Микатора 1 ИПМ с точностью до 1 мкм (ГОСТ 14712-69). Лак наносили с помощью аппликатора с толщиной в жидком слое (ж.с.) 100, 150 мкм. Сушка покрытия производилась при нормальных условиях ( $t=20 \pm 2$  °C,  $W=65$  %): для лака AF 53XX – 1 час, для лака AZ 2130/XX – 3 часа. При формировании многослойного покрытия промежуточное шлифование не применялось. Набухание поверхностного слоя при взаимодействии древесины с водными ЛКМ определялось с учетом толщины сформированного лакокрасочного покрытия, которое измерялось с помощью прибора МИС-11.

Перед нанесением ЛКМ поверхность древесины была подготовлена трехразовым шлифованием до шероховатости  $Ra=2,11$  мкм,  $Rz=15,47$  мкм. Первоначально были проведены исследования на взаимодействие древесины с водой, как разбавителем водных ЛКМ.

При кратковременном смачивании поверхности древесины водой ее шероховатость резко увеличивается: значение  $Ra$  – до 4,3 мкм, значение  $Rz$  – до 32 мкм. То же происходит при контакте древесины с водой продолжительностью до 10 минут, при этом поверхностный слой набухает в ранней и поздней зоне годичного слоя. После удаления воды (рисунок 1, 2) поверхность древесины продолжает изменять свои линейные размеры в сторону увеличения еще в течение 10 минут. Затем происходит усушка (восстановление) поверхностного слоя в течение 120 минут до 4 мкм. После повторного смачивания продолжительностью 10 минут поверхностный слой древесины набухает до 30 мкм, а затем восстанавливается в течение 120 минут до 6 мкм. Более интенсивное набухание поверхностного слоя древесины сосны происходит после третьего смачивания.

С увеличением продолжительности контакта воды с поверхностью древесины до 30 минут более интенсивно древесина набухает после первого смачивания (до 48 мкм – ранняя зона, до 57 мкм – поздняя зона годичного слоя), при этом в течение 120 минут сушки восстановление происходит до 20 мкм в ранней зоне и до 26 мкм в поздней зоне годичного слоя от начальных значений. Однако после третьего смачивания продолжительностью 30 минут и сушки 120 минут поверхность древесины восстанавливается до 10 мкм от начальных значений. Изменение линейных размеров поверхностного слоя древесины сосны имеет полиномиальный характер и описывается кривой полинома второго порядка.

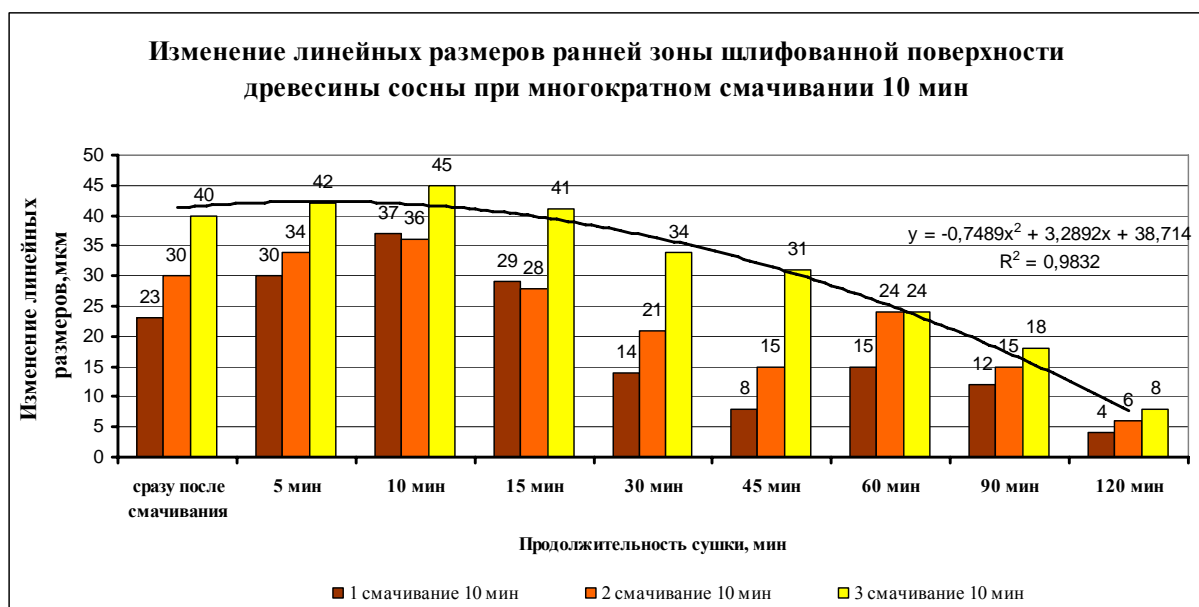


Рисунок 1 – Набухание ранней зоны древесины сосны при многократном смачивании



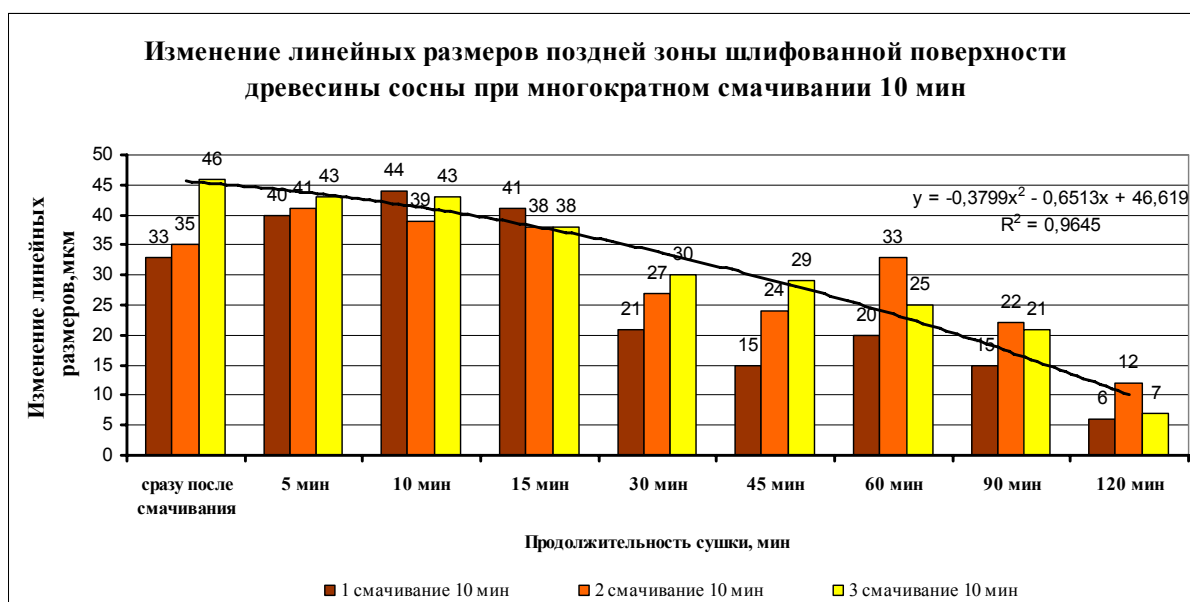


Рисунок 2 – Набухание поздней зоны годичного слоя древесины сосны при многократном смачивании

При взаимодействии древесины с водным ЛКМ также происходит увеличение шероховатости поверхности, набухание поверхностного слоя. Однако с повышением расхода материала значение шероховатости увеличивается в меньшей степени (таблица 1, рисунок 3). При этом после взаимодействия древесины с тиксотропным материалом AZ 2130/XX визуально наблюдаются неровности на поверхности покрытия: поднятие ворса, набухание вмятин, возникших от режущего инструмента. Каждый последующий слой материала повторяет неровности, возникшие ранее, поэтому необходимо промежуточное шлифование покрытия, что увеличивает процесс формирования ЛКП до 2 суток.

Обратная картина наблюдается с паркетным низковязким лаком AF 53XX. После нанесения первого слоя материала с толщиной 100 мкм в ж.с. происходит увеличение шероховатости ( $R_z$ ) до 30 мкм, однако с последующим нанесением значение шероховатости резко снижается до 13 мкм. После нанесения третьего слоя покрытие полностью выравнивается, при этом не требуется операция промежуточного шлифования. Продолжительность сушки каждого слоя ЛКМ – 1 час.

Таблица 1 – Значения шероховатости покрытий (параметр  $R_a$ ), образованных водными лакокрасочными материалами

Параметр шероховатости	Марка лакокрасочного материала	Толщина покрытия в жидком слое (ж.с.), мкм	Количество слоев материала		
			1 слой	2 слоя	3 слоя
Значение $R_a$	AF 53XX	100	4,67	1,91	1,11
		150	2,20	1,35	0,81
	AZ 2130/XX	100	4,42	2,68	2,15
		150	2,16	1,48	1,34



Рисунок 3 – Значение параметра шероховатости Rz на покрытиях, образованных водными лакокрасочными материалами

При отделке древесины водными ЛКМ наблюдается увеличение шероховатости поверхности, которая в первую очередь будет определяться неравномерным набуханием ранней и поздней зоны годовичных слоев древесины (рисунок 4).

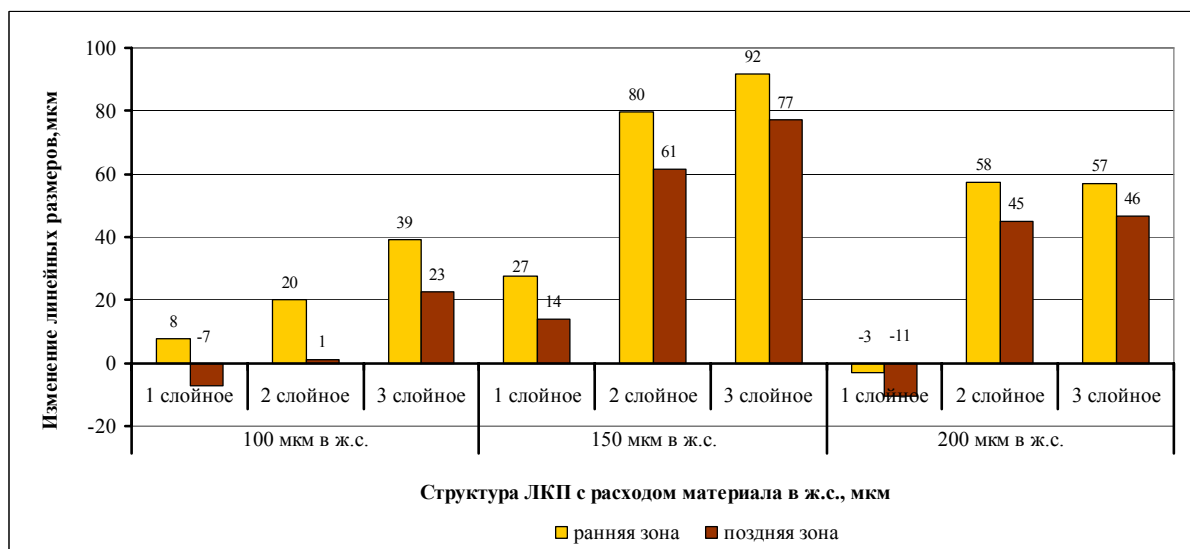


Рисунок 4 – Набухание поверхности древесины сосны с радиальным срезом при взаимодействии с водным ЛКМ

При нанесении водного ЛКМ на поверхность древесины часть разбавителя испаряется, а часть впитывается в поверхностные слои подложки. При этом происходит изменение линейных размеров поверхностного слоя (набухание поверхности). Лакокрасочное покрытие, сформированное водными ЛКМ, проницаемо для жидкостей и газов, поэтому при повторном нанесении ЛКМ вода, проникает в поверхность древесины через первый слой покрытия, вызывая при этом ее набухание. С повторным нанесением ЛКМ происходит резкое увеличение линейных размеров поверхностного слоя подложки. После третьего нанесения за счет уплотнения структуры покрытия изменение про-

исходит только в древесине. Шероховатость поверхности ЛКП при этом снижается с увеличением количества слоев.

На радиальном срезе ранняя зона годовичного слоя набухает в среднем до 92 мкм, поздняя зона – до 80 мкм при трехразовом нанесении материала (рисунок 4). На тангенциальном срезе (рисунок 5), при низком расходе материала (толщина слоя 100 мкм в ж.с.) происходит усадка поверхности древесины как в ранней (до 10 мкм), так и в поздней (до 20 мкм) зоне годовичного слоя. При повторном и последующем нанесении изменений не происходит. С увеличением расхода и количества слоев материала происходит набухание ранней зоны годовичного слоя до 65 мкм, и поздней зоны – до 53 мкм.

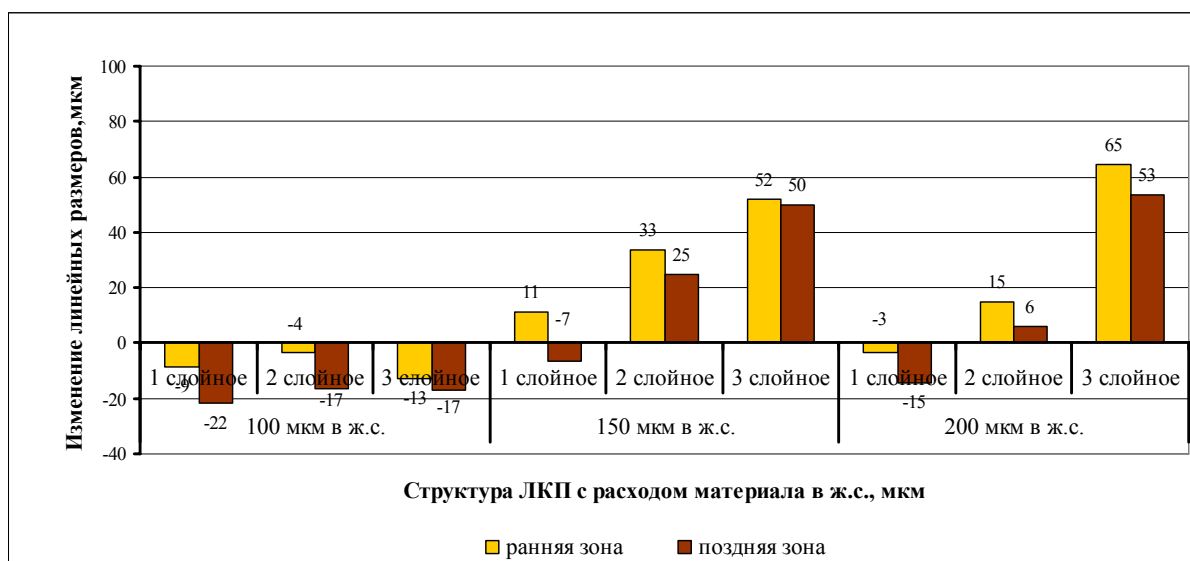


Рисунок 5 – Набухание поверхности древесины сосны с тангенциальным срезом при взаимодействии с водным ЛКМ

По результатам исследований можно сделать выводы:

1. При взаимодействии поверхности древесины сосны с водой происходит обратимое явление набухания поверхностного слоя, при этом шероховатость поверхности увеличивается в несколько раз, выявляя все неровности, образованные вследствие механической обработки.

2. При взаимодействии поверхности древесины с водными лакокрасочными материалами также происходит поднятие ворса, проявляются риски и вмятины, образованные в результате механической обработки, в связи с чем увеличивается шероховатость древесины и покрытия.

3. Формирование многослойного покрытия без промежуточного шлифования приводит к снижению шероховатости, при этом наблюдается изменение линейных размеров самой подложки как в ранней, так и в поздней зоне годовичного слоя.

4. На шероховатость покрытия большое влияние оказывает состав ЛКМ:

- водный тиксотропный материал при повторном и последующем нанесении, равномерно распределяясь, повторяет все неровности поверхности, при этом, для достижения более качественной поверхности, требуется промежуточное шлифование, что увеличивает продолжительность технологического процесса отделки изделия до 2 суток

– низковязкий паркетный лак после третьего нанесения образует гладкую качественную поверхность при малом расходе, при этом не требуется дополнительных операций промежуточного шлифования.

Таким образом, требуются дополнительные исследования по изучению возможности применения низковязких водных материалов для отделки фасонных поверхностей деталей мебели с исключением операции промежуточного шлифования.

**Сергеев В.В.** (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)  
[valerii-sergeev@mail.ru](mailto:valerii-sergeev@mail.ru)

## **ВЛИЯНИЕ СМОЛИСТЫХ ВЕЩЕСТВ НА ЛАКОКРАСОЧНЫЕ ПОКРЫТИЯ ДРЕВЕСИНЫ** *INFLUENCE OF GUMMY SUBSTANCES IN WOOD ON ITS FINISHING*

*Gummy substances presented in wood have negative influence on its finishing.*

Древесина хвойных пород, как правило, содержит смолу, которая либо выступает на поверхность, либо находится в непосредственной близости к ней. Эта особенность древесины хвойных пород затрудняет ее отделку лакокрасочными материалами (ЛКМ) и может испортить защитно-декоративное покрытие (ЗДП).

Смоляные ходы присущи только хвойным породам (рис. 1.) Они представляют собой наполненные смолой каналы, пронизывающие древесину сосны, кедра, лиственницы, ели (у пихты, тиса, можжевельника их нет). Также есть отдельные смоляные клетки, без общей системы.

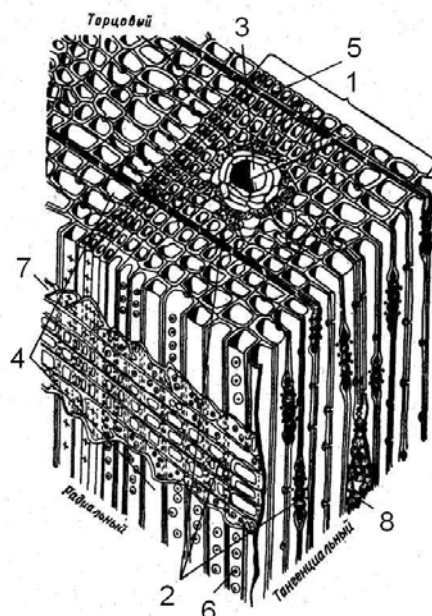


Рисунок 1 – Схема микроскопического строения древесины сосны: 1 - годичный слой; 2 - сердцевинные лучи; 3 - вертикальный смоляной ход; 4 - ранние трахеиды; 5 - поздняя трахеида; 6 - окаймленная пора; 7 - лучевая трахеида; 8 - многорядный луч с горизонтальным смоляным ходом

Невооруженным глазом можно обнаружить только вертикальные смоляные ходы, а связанные с ними горизонтальные ходы видны только под микроскопом. Смоляные ходы заметны на поперечном разрезе в поздней зоне древесины годичного слоя в виде белых точек (у сосны и кедра здесь сосредоточено около 2/3 общего их количества), на радиальном и тангенциальном разрезах - в виде темноватых продольных черточек и линий (рис. 2) [1]. Наиболее крупные смоляные ходы у кедра, их диаметр в среднем 0,14 мм, у сосны - 0,1 мм, у ели - 0,09 мм, у лиственницы - 0,08 мм. Длина ходов колеблется в пределах 10-80 см. Смоляные ходы занимают от 0,2 % (ель, лиственница) до 1% (кедр, сосна) общего объема ствола [2].

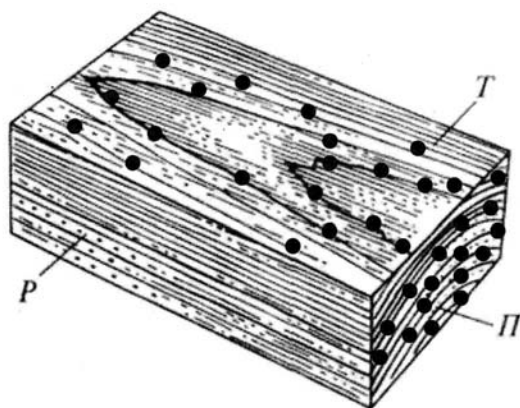


Рисунок 2 – Расположение смоляных ходов в образце древесины тангенциального раскроя

При общепринятой схеме покрытия (рис. 3) удаление смолы с поверхности древесины достигается обессмоливанием, далее наносится грунтовочный состав, а на него наносится ЗДП.

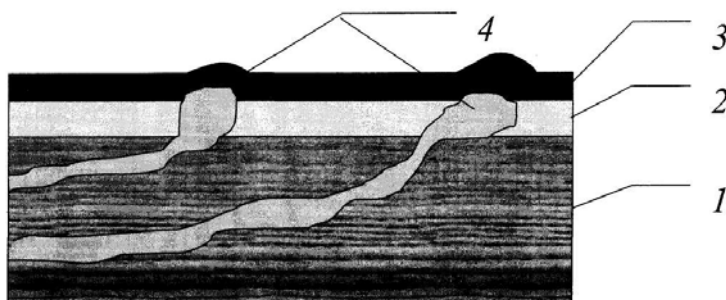


Рисунок 3 – Общепринятая схема покрытия: 1 - древесина; 2 - окрашивающий состав (по мере необходимости); 3 - покрывной слой лака (лак нитроцеллюлозный, полиэфирный, полиуретановый, мочевиноалкидный кислотного отверждения); 4 - смола (смоляные ходы)

При этом возможны два способа обессмоливания:

Способ 1. Растворение смолы на поверхности, растворяющими составами: ацетоном, спиртом, бензолом, четыреххлорным углеродом и т.д. Недостатки способа: все эти вещества огнеопасны и токсичны.

Способ 2. Смывание смолы с поверхности омыляющими составами: углекислым натрием ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , 5-6% раствор), углекислым калием ( $\text{K}_2\text{CO}_3$ , 5-6% раствор), едким на-

трием (NaOH, 4-5% раствор). Недостатки способа: под воздействием щёлочи древесина темнеет.

Общий недостаток: кратковременный эффект устранения смолы с поверхности.

Предлагаемая схема покрытия (рис. 4) отличается от общепринятой тем, что вместо обычного грунтовочного состава наносится изолирующий грунт, который изолирует смолу внутри древесины, не давая ей выходить наружу. За счет этого удастся значительно повысить качество ЗДП. Результаты научно-исследовательской работы приведены ниже.

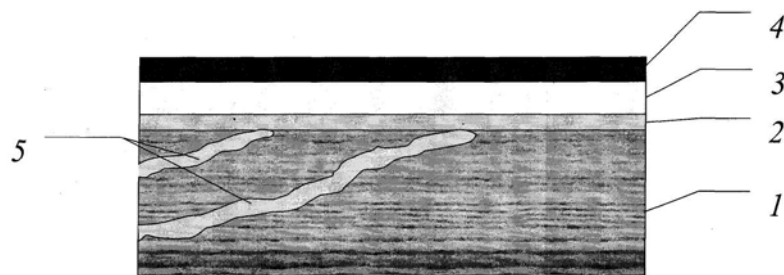


Рисунок 4 – Предлагаемая схема покрытия: 1 - древесина; 2 - слой изолирующего грунта (Изолирующий грунт Г3016 (HERBERTS), ПУ Изолирующий силер 91675-03209 (AKZO NOBEL), ОКСОЛАККА (ТИККУРИЛА)); 3 - окрашивающий состав (по мере необходимости); 4 - покрывной слой лака (лак нитроцеллюлозный, полиэфирный, полиуретановый, мочевиноалкидный кислотного отверждения); 5 - смола (смоляные ходы)

В ходе проведения научно-исследовательской работы возникло и укрепилось положение, что бороться нужно не со следствием, каким является выход смолы на поверхность древесины, а с причиной этого явления. Поэтому целью дальнейшего изучения стали факторы, препятствующие выходу смолы на поверхность древесины и лишаящие ее такого физического свойства как текучесть. Основные результаты и выводы по научно-исследовательской работе приведены ниже.

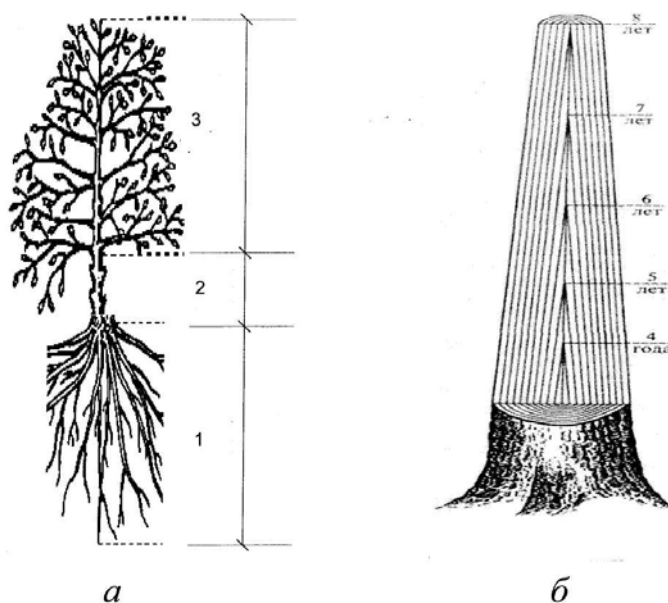


Рисунок 5 – а) Части растущего дерева: 1 - корни; 2 - ствол; 3 - крона; б) Схема формирования ствола

### Лесопиление.

Смола выступает на поверхность доски при распиловке параллельно оси ствола т.к. перерезаются годовичные слои и, следовательно, - поздняя зона годовичного кольца, где в основном и находятся смоляные ходы (рис. 5, 6, 7).

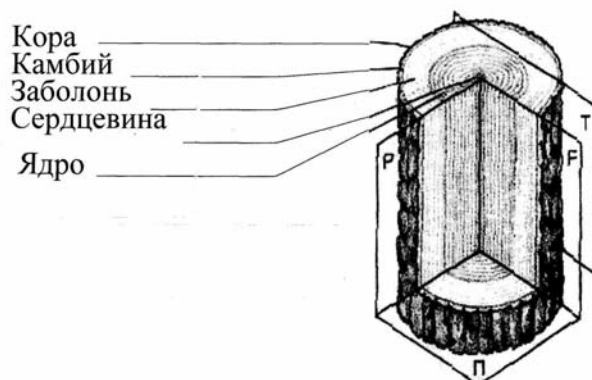


Рисунок 6 – Основные части ствола и его главные разрезы: *П* - поперечный; *Р* - радиальный; *Т* - тангенциальный

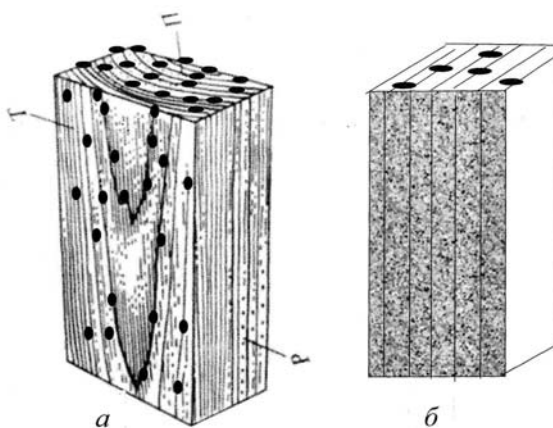


Рисунок 7 – Расположение смоляных ходов в образце древесины: *а* - тангенциального раскроя; *б* - радиального раскроя

Поэтому, считаем, что распиловку бревен следует вести параллельно образующей (рис. 8), и не брать для производства мебели и некоторых столярно-строительных изделий фаутную часть ствола сосны и кедра.

### Гидротермическая обработка.

Вариант 1 предполагает температурную обработку в конце сушки  $t \cong 200-300^{\circ}\text{C}$ . Для «выпаривания» смолы и испарения ее жидкой части - живицы (в основном скипидара) с поверхности. При этом твердый остаток - канифоль утратит текучесть.

Вариант 2 предполагает:

1) впрыск водяной аэрозоли с веществом, выступающим в роли порозаполнителя, в сушильную камеру и осаждения на поверхности обрабатываемых досок этого раствора;

2) диффузию вещества во внутрь древесины (на глубину 3-5 мм, учитывая последующую механическую обработку), плюс подсушка поверхности пиломатериалов.

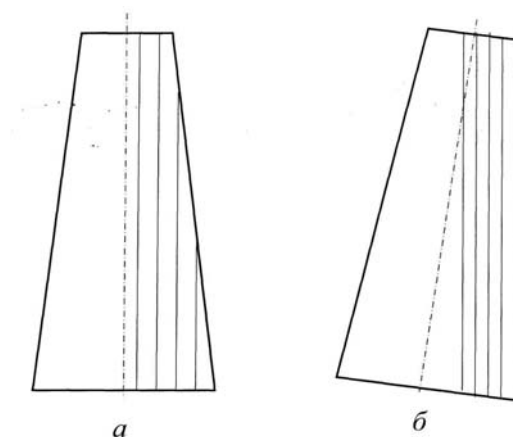


Рисунок 8 – Распиловка бревна: *а* - параллельно оси; *б* - параллельно образующей

Вариант 3 предусматривает погружение пиломатериалов в ёмкость с водным раствором этого вещества и выдержка (для пропитки на 3-5 мм).

Поэтому необходимо сушить пиломатериалы по мягким режимам (при  $t_c$  - не более  $50^{\circ}\text{C}$ ), и проводить специальную начальную и конечную влаготермообработку.

Поскольку живица - это жидкость только с большой вязкостью, предположительно можно использовать все аналитические выражения, связанные с влажностью древесины и таким образом создать математическую модель доски с зонами смолистости. Таким образом, математическое моделирование поможет повысить качество отделки древесины.

#### Библиографический список

1. Иванов М.А. Смолистые вещества древесины и целлюлозы [Текст] / М.А. Иванов. – М.: Лесная промышленность, 1968. 349 с.
2. Уголев Б.Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения: Учебник для лесотехнических вузов. Изд. 3-е, перераб. и доп. - М.: МГУЛ, 2002. 340 с.

**Синегубова Е.С.** (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ),  
**Григоров И.Г.** (ИХТТ УрО РАН, г. Екатеринбург, РФ)  
[grigorov@ihim.uran.ru](mailto:grigorov@ihim.uran.ru)

## **СКАНИРУЮЩАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ МИКРОСКОПИЯ ДЛЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ** *SCANNING ELECTRON MICROSCOPY FOR BIOLOGICAL OBJECTS*

*It is proposed a technique for registration of secondary electrons in the scanning electron microscope by the probe of the scanning tunnel microscope. The technique allows to get advanced 3D-image of an object surface owing to topographic contrast.*

Методика исследования образца в растровой электронной микроскопии (РЭМ) существенно зависит от его электрической проводимости. Когда электронный зонд попадает на диэлектрик, на его поверхности из-за отсутствия стекания заряда на “землю”



накапливаются поглощенные электроны. Накопление электронов приводит к появлению на поверхности образца заряженных областей, которые при последующем сканировании могут нерегулярным образом отклонять первичный пучок, приводя к серьезным искажениям изображения. Существует ряд методик, позволяющих избежать или свести к минимуму эффект зарядки. Наиболее эффективным способом является нанесение (напыление) на плохо проводящие образцы токопроводящего покрытия (см. рис. 1). Менее эффективные, но более простые способы – работа при низком ускоряющем напряжении (см. рис. 2 и 3), низком вакууме (см. рис. 4 и 5) и однократной экспозиции.

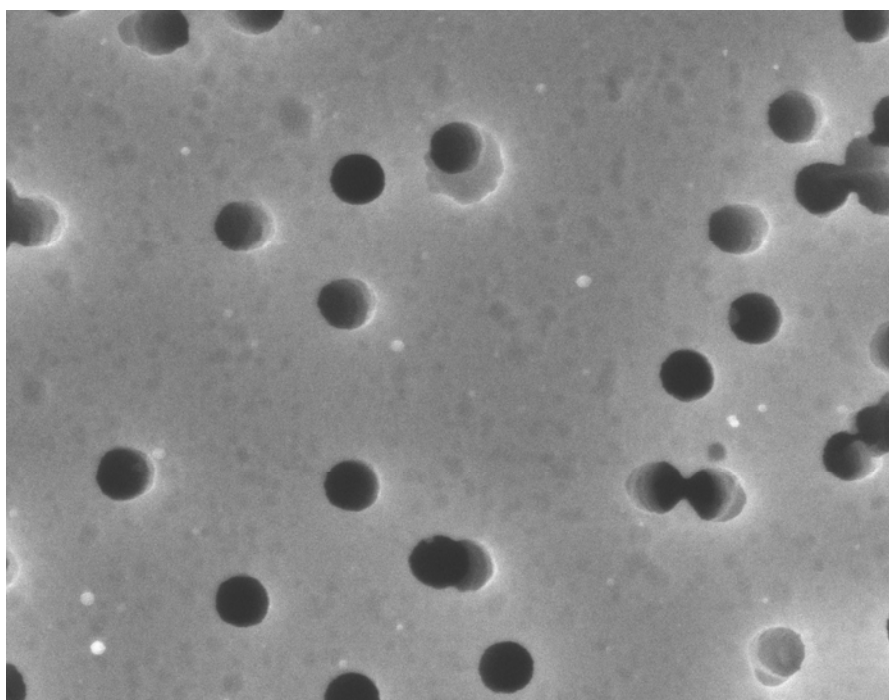


Рисунок 1 – Вид полимерной мембраны с диаметром пор 3 мкм и покрытием из TiN, РЭМ, увеличение 5000

На данный момент известен способ формирования изображения топографии поверхности, используемый в сканирующей электронной микроскопии с естественной средой (Environmental Scanning Electron Microscope – ESEM) [патент США № 6809322, проспект сканирующего электронного микроскопа с естественной средой XL30/40 ESEM, <http://www.feicompany.com>]. В этом способе для формирования в цифровом виде трехмерного изображения поверхности реального физического объекта, исследуемого в естественной среде или низком вакууме методами РЭМ, используются газовые детекторы [патенты США №4897545 и №4992662]. Способ позволяет формировать изображения топографии поверхности объекта, находящегося в вакууме менее 2600 Па [проспект микроскопа FEI Quanta 200 3D DualBeam<sup>TM</sup>, <http://www.feicompany.com>].

Одним из авторов данной работы был теоретически обосновано и практически подтверждено, что сбор и регистрация вторичных электронов в газовой среде зондом сканирующего туннельного микроскопа (СТМ) позволяет повысить точность формирования изображения поверхности объекта за счет топографического контраста, обусловленного микрорельефом его поверхности и вызванного эмиссией вторичных электронов в РЭМ с поверхности исследуемого объекта в вакууме более  $10^{-1}$  Па [2, 3].

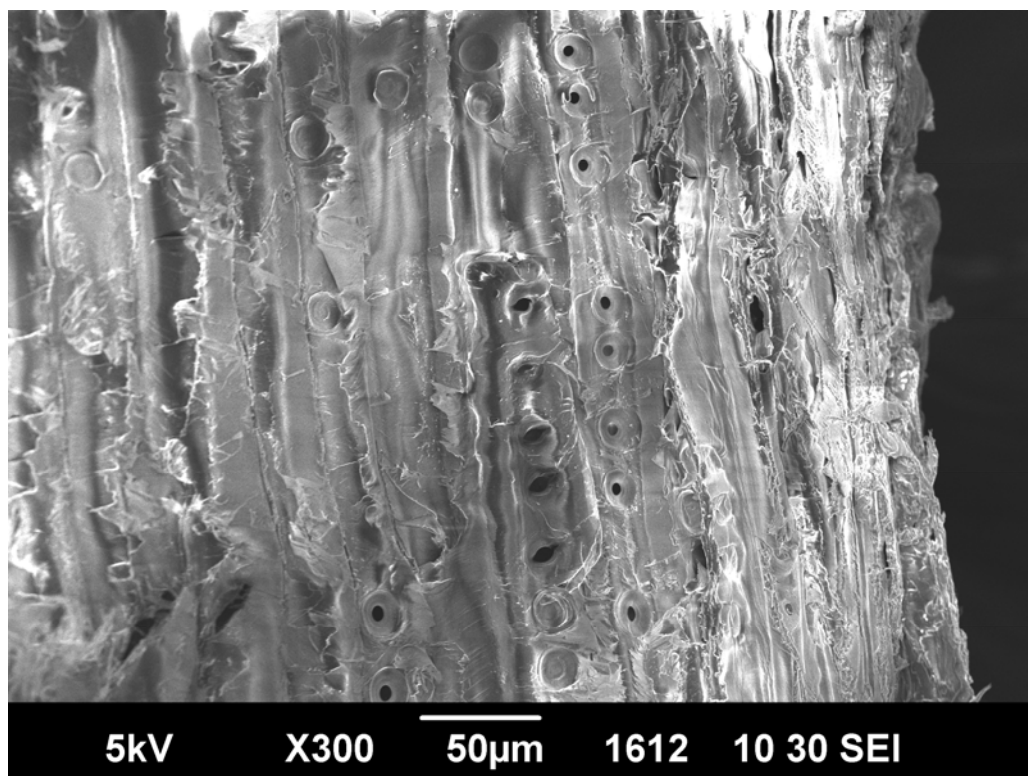


Рисунок 2 – Вид смоляных канавок в древесине, ускоряющее напряжение 5 кВ, увеличение x300

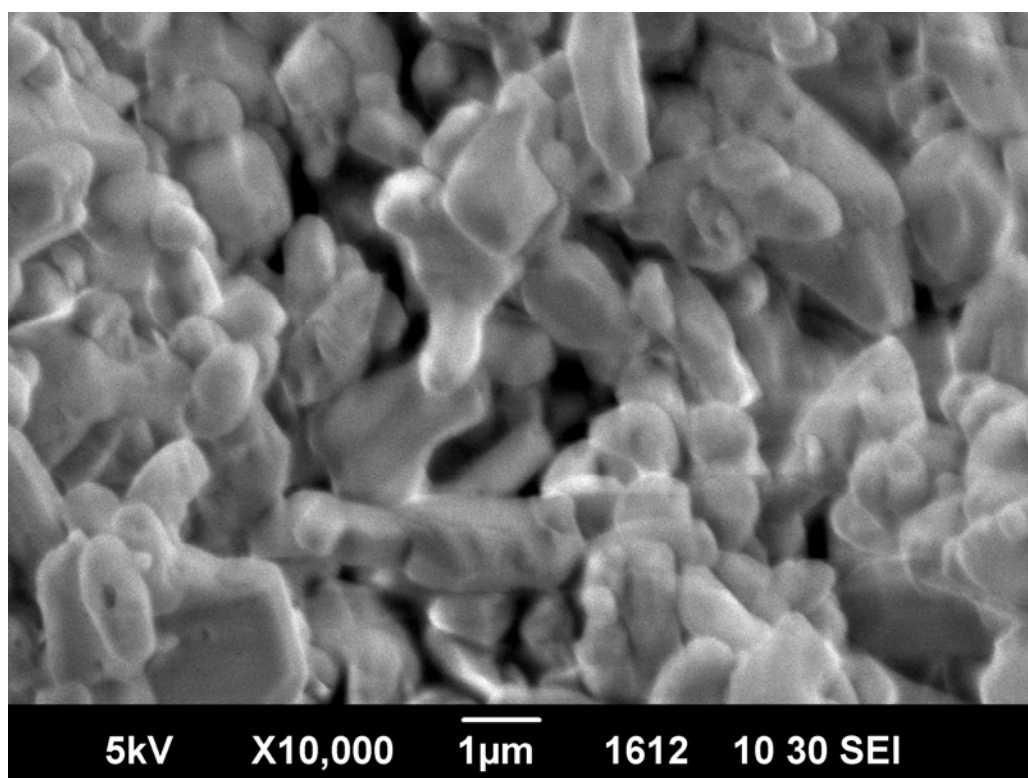


Рисунок 3 – Вид порошка органического наполнителя для клея, ускоряющее напряжение 5 кВ, увеличение x10000

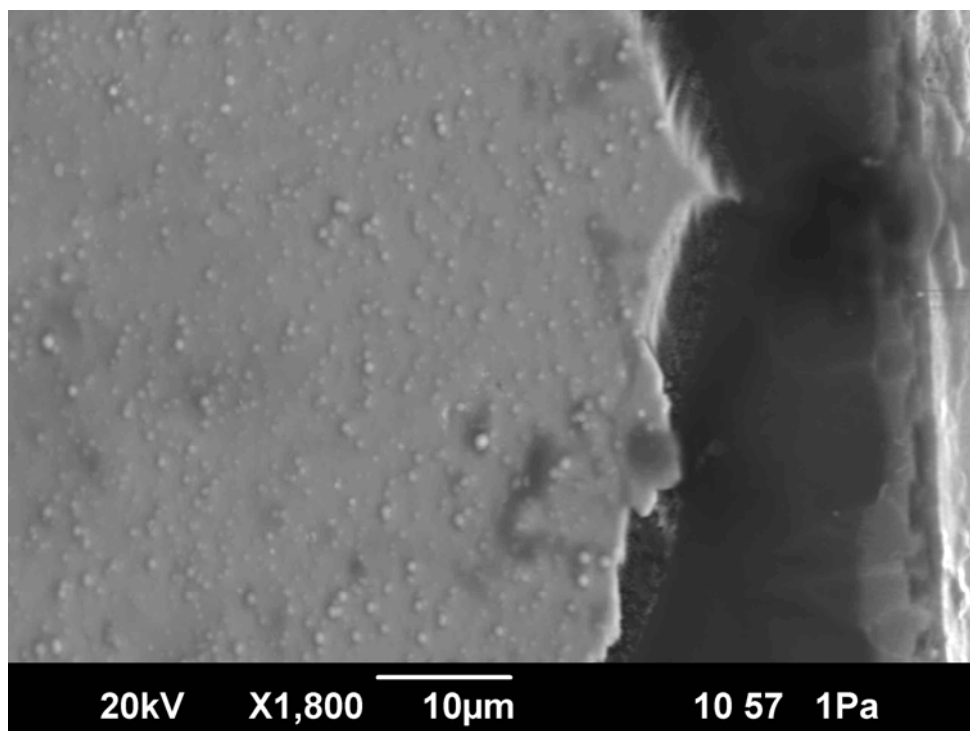


Рисунок 4 – Вид тонкой мультислойной пленки PbSe-CdSe на подложке из ситалла давление в камере микроскопа 1 Па, ускоряющее напряжение 20 кВ, увеличение x1800

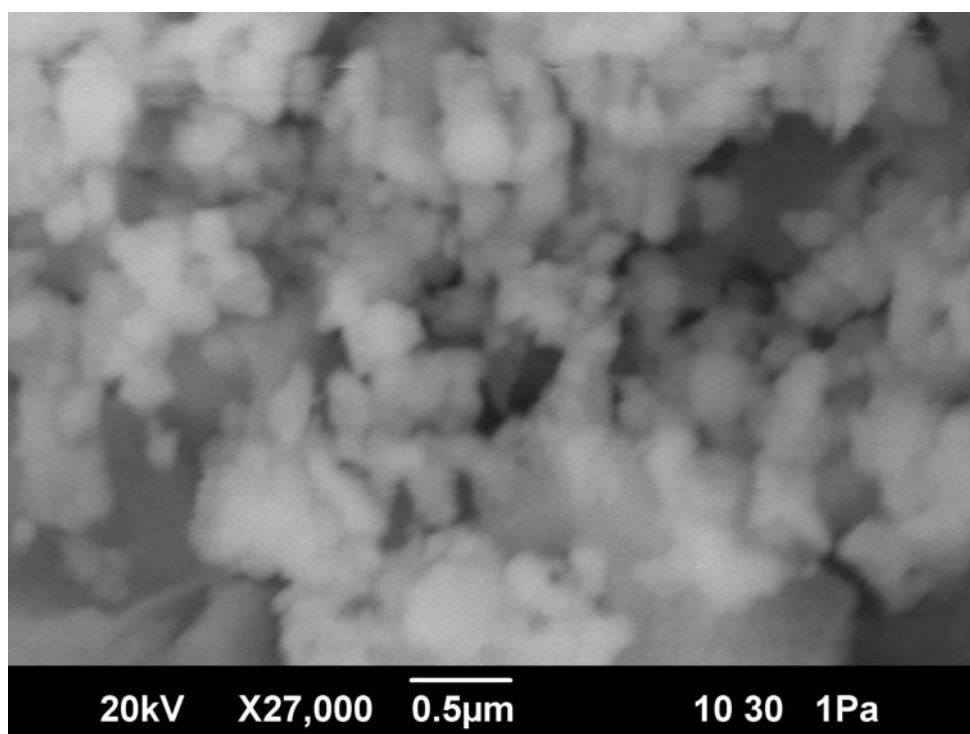


Рисунок 5 – Вид порошка ZrO<sub>2</sub> органического наполнителя для клея, давление в камере микроскопа 1 Па, ускоряющее напряжение 20 кВ, увеличение x27000

По проведенным расчетным данным вероятность регистрации вторичного электрона зондом СТМ, расположенным на расстоянии 1 мкм от поверхности исследуемого

образца при поле сканирования РЭМ 100 мкм х 100 мкм, превышает вероятность образования отрицательно зараженного иона атома (молекулы) газа при давлении  $2.6 \times 10^3$  Па  $\approx 19.5$  Торр (давление насыщенных паров воды при температуре 22°C) в  $10^4$  раз.

#### Библиографический список

1. Практическая растровая электронная микроскопия. Под ред. Дж. Гоулдстейна и Х. Яковица. М.: Мир, 1978. 656 с.
2. Григоров И.Г., Зайнулин Ю.Г., Ромашев Л.Н., Устинов В.В. Патент на изобретение «Способ формирования изображения топографии поверхности и устройство для его осуществления». № 2329490. 20.07.2008. Бюл. № 20. С. 15.
3. Григоров И.Г., Зайнулин Ю.Г., Ромашев Л.Н., Устинов В.В. Патент на изобретение «Способ формирования изображения топографии поверхности объекта». Заявка № 2009130690/28(042867) Решение о выдаче патента на изобретение от 01.09.2010.

**Совина С.В.** (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

### **МОДИФИКАЦИЯ НИТРОЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ ЛАКОВЫХ СИСТЕМ** **ADVANCED NITROCELLULOSE VARNISH SYSTEMS**

*The most of nitrocellulose paint and varnish materials, including ones for wood covering, is modified. The purpose of the work is getting a film with the higher proportion of film-forming substances.*

Нитроцеллюлозные лакокрасочные материалы достаточно технологичны, дешёвы, быстро высыхают на воздухе, покрытия на их основе обладают хорошей адгезией к различным материалам [1]. К недостаткам следует отнести невысокое содержание нелетучих, наличие токсичных и пожароопасных растворителей, низкую стойкость к действию воды, тепла, химических реагентов. Частично эти недостатки удаётся ликвидировать или уменьшить путём введения в нитроцеллюлозные материалы различных синтетических и природных смол, например алкидных смол. Однако при использовании смол, как правило, плёнки становятся хрупкими. В настоящее время большой интерес представляет возможность модификации путём добавления в лак отвердителя.

Основной целью работы явилось определение области варьирования отвердителя в нитроцеллюлозном лаке, при которой изменения физико-механических свойств лакокрасочной композиции не влияют на процесс формирования качественного покрытия.

Для исследований в отделке образцов из массивной древесины использовалась лакокрасочная композиция в которую входили: нитроцеллюлозный лак НЦ-218 (ГОСТ 4976-83) и отвердитель АОИВ фирмы «Herberts».

Выбор постоянных и переменных факторов был произведён на основании классического эксперимента с учётом теоретического анализа и производственного опыта по реализации типовых технологических процессов.

Для исследования влияния содержания отвердителя на свойства нитроцеллюлозного лака НЦ-218 постановку задачи осуществляли по плану Бокса (B2) для двух независимых переменных [2].

В качестве выходных параметров изучаемого процесса были выбраны: вязкость лакокрасочной композиции, краевой угол смачивания, процент сухого остатка, время отверждения и твёрдость покрытия.

Значения постоянных и переменных факторов представлены в таблице.

Показатели	Единица измерения	Значение
Постоянные факторы		
Температура отверждения покрытия	°C	40 – 45
Температура окружающей среды	°C	20±2
Влажность воздуха	%	70±5
Расход лакокрасочной композиции	г/м <sup>2</sup>	100 – 120
Переменные факторы		
Содержание отвердителя в плёнообразующей системе	масс.ч.	5
		10
		15
Первоначальная вязкость лака	с	30
		35
		40

Область варьирования количества отвердителя составила от 5 до 15 масс.ч. Введение модифицирующей добавки до 5 масс.ч. не давало ощутимых результатов. Введение более 15 масс.ч. привело к ухудшению свойств как лакокрасочного материала, так и покрытия. При выборе шага варьирования менее 5 масс.ч. результаты экспериментов различались незначительно и могли дать статистическую ошибку.

Выбор области варьирования исходной вязкости лака НЦ-218 обосновывался следующими принципами:

- с вязкостью лака менее чем 30 с. лакокрасочные материалы применять нецелесообразно, так как для получения достаточной толщины требуется большое количество нанесений;
- максимальная вязкость лакокрасочного материала для нанесения методом пневматического распыления может достигать 40 с.

Проведена статистическая обработка экспериментальных данных на основании которой были получены уравнения регрессии второго порядка, адекватно описывающие процессы, происходящие в лакокрасочной композиции и следующие значения области варьирования параметров модифицированного состава:

- количество отвердителя, масс.ч. 8-12
- исходная вязкость лака, с. 30-32

Данная композиция позволяет не изменять время отверждения покрытия на основе нитроцеллюлозного лака (15-20 мин. при температуре +40-45°C). Вязкость и краевой угол смачивания лаковой системы при добавлении отвердителя в количестве 8-12 масс.ч. имеют показатели (вязкость – 32 с., краевой угол смачивания - 34°), позволяющие наносить лакокрасочную композицию методом пневматического распыления и на-

лива и при этом получать равномерное по толщине покрытие. Твёрдость получаемого покрытия имеет значение равное 0,56 усл.ед., что выше твёрдости покрытия на основе нитроцеллюлозного лака НЦ-218.

Библиографический список

1. Киттель Г. Целлюлозные лаки / Г. Киттель, пер. под ред. Е. Ф. Беленького. Л.: Госхимиздат, 1957. 328 с.
2. Пен Р.З. Статические методы моделирования и оптимизации процессов целлюлозно-бумажного производства / Р.З. Пен. Красноярск: Изд-во Красноярск. ун-та, 1982. С. 39-40.

**Тропина К.Ю., Дроздова Н.А., Панова Т.М., Юрьев Ю.Л.**

*(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)*

**ПРИМЕНЕНИЕ НАНОПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ В  
ПРОМЫШЛЕННОЙ ТЕХНОЛОГИИ  
USING NANOPOROUS MATERIALS IN FOOD-PROCESSING  
INDUSTRY**

*The potential of using nanoporous materials on the base of carbon matrix of charcoal for beer manufacturing is considered. Results of analysis of beer and water after their treatment with modified charcoal are presented in this article.*

В промышленной биотехнологии крупный сегмент занимают производства, основанные на спиртовом брожении. Типичный пример это пивоварение. Само спиртовое брожение производится (осуществляется) в водной среде и от качества воды зависит как эффективность биотехнологических процессов так и качество товарной продукции.

Состав воды влияет на органолептические, физико-химические, микробиологические и химические свойства пива. Кроме того, она должна соответствовать ряду специфических для пивоваренной промышленности технологических требований, соблюдение которых оказывает положительное влияние на процесс производства пива.

В производстве пива участвуют ферменты:

**Ферменты (биологические катализаторы)**

Карбогидролазы (расщепляют углеводы): -  $\alpha$ ,  $\beta$  – амилазы – расщепляют крахмал;  $\alpha$ -глюкозидаза, олигодекстрин-6-глюканогидролаза, эндо- $\beta$ -глюканаза, экзо- $\beta$ -глюканаза, эндоксилаза, экзоксилаза, арабинозидаза, ксилобиаза. Протеазы (протеолитические ферменты)– расщепляют белки. Фосфатазы – катализируют гидролитическое расщепление определенных фосфорных эфиров. Комплекс ферментов, обуславливающих образование спирта, такие как: гексокиназа, альдолаза, энолаза, алкогольдегидрогеназа и др.

Компоненты, содержащиеся в воде, в различной степени влияют на процесс производства пива. Так, например, соли, понижающие pH (сульфаты, хлориды Ca, Mg) желательны, т. к. создают благоприятные условия для протекания биохимических процессов - проращивания и брожения, гидролиза крахмала (они протекают в слабоки-

слой среде) и улучшают вкус готового пива и растворимость хмелевых смол. Но их присутствие в концентрациях, превышающих нормативные, отрицательно сказывается на свойствах пива. Ионы  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$  крайне не желательны. Т. к. ухудшают качество солода, снижают скорость ферментативного гидролиза крахмала, ускоряют дегенерацию дрожжей, ухудшают органолептические показатели пива.

Так, например, кальций стабилизируют  $\alpha$ -амилазу и увеличивают ее активность, в результате чего повышается выход экстракта. Увеличивают активность протеолитических ферментов, за счет чего возрастает содержание общего и  $\alpha$ -аминного азота в сусле. Цинк - при высоких концентрациях ингибируют активность  $\alpha$ -амилазы. Ионы  $\text{HCO}_3^-$  при высоких концентрациях приводят к повышению pH, а следовательно, к снижению активности амилолитических и протеолитических ферментов. Ион  $\text{SO}_4^{2-}$  Благоприятно влияет на гидролиз крахмала и белков.

В таблице 1 представлен химический состав воды, используемый для пивоварения, на примере Щербаковского пивзавода, в сравнении с требованиями, предъявляемыми нормативными документами. Из таблицы видно, что исходная вода характеризуется повышенным содержанием ионов кальция, магния, железа, а также силикатов, нитратов и нитритов.

Таблица 1 – Химический состав воды для пивоварения

Наименование показателя	Единица измерения	Значение показателя	
		ТИ 10-5031536-73-90	Исходная вода
Жесткость (общая)	мг·эquiv/дм <sup>3</sup>	2...4	4,3
Щелочность	мг·эquiv/дм <sup>3</sup>	0,5...1,5	3,2
Сухой остаток	мг/дм <sup>3</sup>	не более 500	339
pH	Ед. pH	6...6,5	7,3
Кальций	мг·эquiv/дм <sup>3</sup>	2...4	40,1
Магний	мг·эquiv/дм <sup>3</sup>	Следы	28,0
Железо	мг/дм <sup>3</sup>	не более 0,1	0,3
Марганец	мг/дм <sup>3</sup>	не более 0,1	0,03
Алюминий	мг/дм <sup>3</sup>	не более 0,5	Менее 0,04
Хлориды	мг/дм <sup>3</sup>	100...150	18
Сульфаты	мг/дм <sup>3</sup>	100...150	40
Нитраты	мг/дм <sup>3</sup>	не более 10	12,3
Нитриты	мг/дм <sup>3</sup>	0	Менее 0,03
Сероводород	мг/дм <sup>3</sup>	Следы	Менее 0,002
Цинк	мг/дм <sup>3</sup>	не более 5	0,012
Аммиак	мг/дм <sup>3</sup>	Следы	Менее 0,05
Кремний	мг/дм <sup>3</sup>	не более 2	10,6
Медь	мг/дм <sup>3</sup>	не более 0,5	0,004

На основании этого можно сделать вывод, о важности подготовки воды в производстве пива.

Нами разработана технология обработки воды с применением модифицированных древесных углей, которая позволяет скорректировать состав воды в зависимости от источника водоснабжения до требуемых значений

С этой целью на кафедре химической технологии древесины УГЛТУ разработаны и запатентованы технологии получения модифицированных древесных углей, обладающих свойствами ионообменников. Модифицированные угли относятся к наносистемам, т. к. их свойства зависят от размера пор.

Для корректировки катионного состава воды предлагается использовать окисленный древесный уголь, которые являются полифункциональными катионитами с широким диапазоном изменения кислотных свойств. Установлено, что катионный обмен на окисленном угле обусловлен как наличием реальных кислородсодержащих функциональных групп кислого характера, так и легко отщепляемыми ионами водорода двойного электрического слоя.

Наличие на поверхности угля различных группировок предопределяет образование малодиссоциированных комплексов при взаимодействии угля с отдельными катионами металлов. А разнообразие кислотных центров, обуславливающих полифункциональность окисленных углей, предопределяет характер и прочность связи при сорбции ими как различных, так и одноименных катионов, то есть определяет избирательный ионный обмен на угле.

Для корректировки анионного состава более высокую активность показали активные угли, которые по специфическому взаимодействию с электролитами являются анионообменниками, оставаясь при этом эффективными сорбентами. Активные угли проявляют активность по отношению к нитратам, нитритам, силикатам, хлоридам и другим анионам.

На основании проведенных исследований нами разработана и запатентована установка для подготовки воды (Пат. 96361 Российская Федерация, МПК C02F1/00. Устройство для подготовки воды [Текст] / Дроздова Н.А., Тропина К.Ю., Пономарев О.С., Панова Т.М., Юрьев Ю.Л.; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «Уральский государственный лесотехнический университет». - №96361; заявл. 26.02.2010; опубл. 27.07.2010), (рисунок 1).

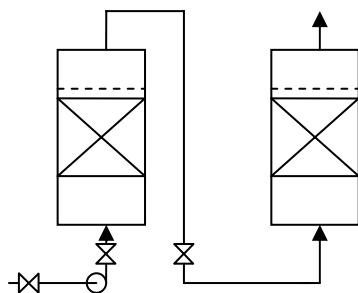


Рисунок 1 – Установка для подготовки воды для пивоварения

Кроме воды на стойкость пива оказывают влияние химический состав экстрактивных веществ.

Значительная часть веществ пива, обуславливающих его характерные особенности, такие как вкус, прозрачность, способность к пенообразованию, игристость и т.п., находится в коллоидном состоянии. Для сохранения этих свойств пива до момента потребления необходимо, чтобы коллоидные системы находились в стабильном состоя-



нии. Появление помутнений в процессе хранения пива связано с укрупнением размера частиц в результате их столкновения, конденсации, окисления и полимеризации. Кроме того, вследствие дегидратации некоторых коллоидных соединений увеличивается их заряд и происходит взаимодействие заряженных частиц. Как показали исследования, по химическому составу помутнения представлены высокомолекулярными белками и полифенолами.

В настоящее время на большинстве предприятий в качестве сорбента, снижающего содержание коллоидных частиц, применяется кизельгур. Кизельгур - природный материал, состоящий из панцирей одноклеточных водорослей диатомей, и по химическому составу представлен оксидами кремния, алюминия, кальция и других элементов.

Целью данного этапа исследований было изучение возможности извлечения высокомолекулярных белков и полифенолов за счет использования древесных модифицированных углей. Результаты исследования показали, что микропористые активные и окисленные древесные угли обладают низкой способностью к сорбции данных соединений, что обусловлено размерами и структурой пор. В то же время осветляющие угли, обладая высоким содержанием мезопор, проявляют высокие сорбционные свойства.

С этой целью на кафедре ХТД в лабораторных условиях были получены партии древесного осветляющего угля за счет дополнительной активации активного угля марки БАУ.

Оценка качества полученных углей проводилась по их сорбционной активности по метиленовому оранжевому и мелассе.

Как видно из результатов исследований, гранулированный уголь обладает пониженной сорбционной способностью, что обусловлено снижением поверхности контакта фаз.

На данной диаграмме мы видим, что при увеличении продолжительности активации активность по мелассе постепенно возрастает, что говорит об увеличении макропористой структуры (рисунок 2).

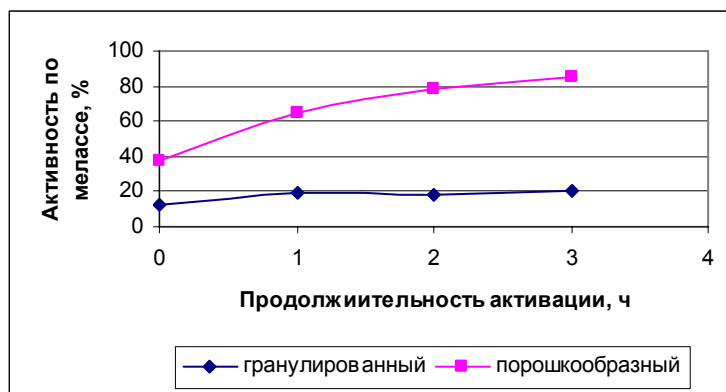


Рисунок 2 – Зависимость сорбционной активности осветляющих углей по мелассе от продолжительности активации

Активность по метиленовому оранжевому с увеличением продолжительности активации сначала увеличивается, но при обработке 2 и 3 часа значения практически равны, что говорит о прекращении формирования мезопористой структуры, следовательно, активацию можно прекращать уже при 2-х часах обработки (рисунок 3).

Далее нами изучалось влияние продолжительности активации угля и его гранулометрического состава на способность к сорбции высокомолекулярных белков и полифенолов из пива.

Наши исследования показали, что если развитие макропористой структуры соответствующей активности по мелассе  $>60$  и развитие мезопористой структуры соответствующей активности по метиленовому оранжевому  $>170$ , то происходит эффективная сорбция высокомолекулярных белков и полифенолов. При активности по мелассе  $<20$  и активности по метиленовому оранжевому  $<150$  происходит активная сорбция высокомолекулярных белков, при этом извлечение полифенолов не значительно. При активности по мелассе  $<20$  и активности по метиленовому оранжевому  $<120$  сорбция высокомолекулярных соединений практически не протекает.

Таким образом, разработанная нами технология активации позволяет изменять распределение пор по размерам, тем самым изменяя свойства наносистемы.

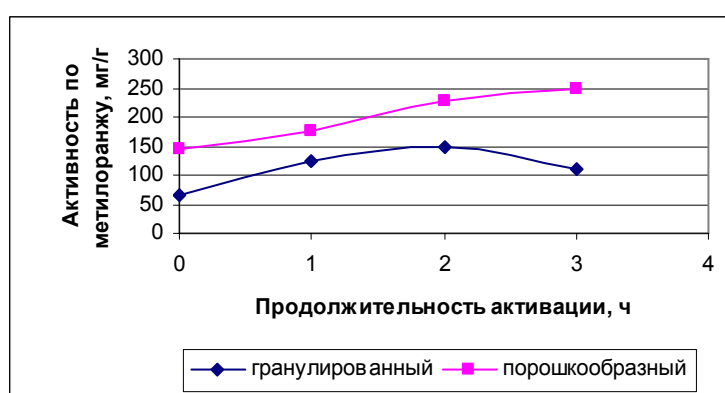


Рисунок 3 – Зависимость сорбционной активности осветляющих углей по метиленовому оранжевому от продолжительности активации

Таблица 2 – Влияние сорбционной активности осветляющих углей на сорбцию высокомолекулярных белков и полифенолов

№	Извлечение Белков/полифенолов	Активность по мелассе, %	Активность по метиленовому оранжевому, %
1	+/-	19	109
2	+/-	18	150
3	+/+	64	177
4	+/+	100	205
5	+/+	78	227
6	+/+	84	248
7	-/-	18	122

### Сравнение с существующими разработками и экономический эффект

В настоящее время обессоливание воды осуществляется методами обратного осмоса и другими вариантами, основанных на применении метода ионного обмена.

Несмотря на возможность практической реализации данных технологий, стоимость оборудования и величина эксплуатационных расходов в этом случае будут на-

столько высоки, что значительно выгоднее использовать полное обессоливание воды с последующим дозированием требуемых компонентов, например хлорида кальция.

Предлагаемая нами технология позволяет осуществить подготовку воды в зависимости от источника водоснабжения до требуемых значений.

Результаты обработки пива, представленные на графиках, показали, что оба сорбента - как кизельгур, так и уголь, обладают хорошей сорбционной активностью по извлечению высокомолекулярных белков. С увеличением продолжительности обработки действие угля заметно возрастает (рисунок 4). С повышением дозировки внесения угля степень извлечения полипептидов увеличивается незначительно (рисунок 5).

Предлагаемая нами технология позволяет осуществить подготовку воды в зависимости от источника водоснабжения до требуемых значений. Обработка полученного пива осветляющим древесным углем позволяет добиться высоких показателей стойкости без введения стабилизирующих добавок.

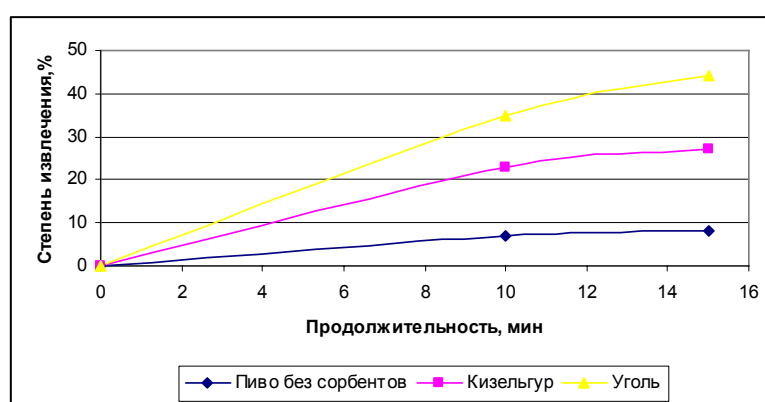


Рисунок 4 – Влияние дозировки сорбента и продолжительности обработки на степень извлечения высокомолекулярных белков

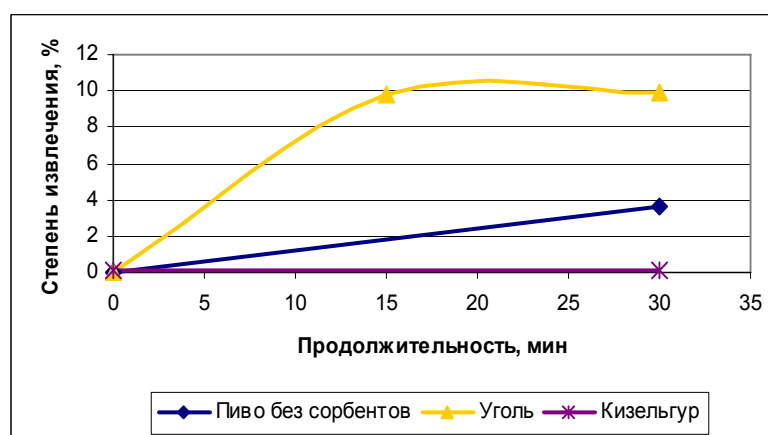


Рисунок 5 – Влияние дозировки сорбента и продолжительности обработки на степень извлечения полифенолов

Перспективы внедрения разработки на пивоваренных заводах Свердловской области связаны с увеличением коллоидной стойкости пива за счет замены обработки пива кизельгуром на обработку нанопористым материалом на основе углеродной матрицы.

Эксплуатационные затраты на освещение пива по традиционной и предлагаемой технологии примерно одинаковы. Однако, возврат пива после обработки по предлагаемому способу снижается на 1,2 %, что позволяет снизить затраты на производство 1000 дал пива на 4 тыс. руб. Для пивоваренных заводов средней мощности (примерно 500 000 дал в год), расположенных в Свердловской области, экономия средств только за счет снижения возврата пива, как минимум составит два миллиона рублей в год.

Угрюмов С.А. (КГТУ, г. Кострома, РФ) [ugr-s@yandex.ru](mailto:ugr-s@yandex.ru)

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОВЫШЕНИЯ АДГЕЗИОННОГО  
КОНТАКТА В СТРУКТУРЕ ПЛИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ  
ДРЕВЕСНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ И КОСТРЫ ЛЬНА**  
*THEORETICAL BASES FOR ADVANCED ADHESIVE CONTACT  
ABILITY IN STRUCTURE OF FLAXBOARDS*

*Flax shover (being a waste product of the linen industry) is effective filling for composite materials. Irregular gumming distribution reduces quality of product. This article describes the way to enhance the quality by advancing wetting capacity of used adhesives contact ability.*

В настоящее время развитию производства плитных древесных материалов уделяется серьезное внимание как на региональных, так и на государственном уровнях. Это связано, прежде всего, с необходимостью повышения уровня производства и конкурентоспособности выпускаемой продукции в деревообрабатывающей отрасли, что особенно важно при вступлении России в ВТО и внедрения продукции на внешний рынок. Развитие плитных производств возможно только при организации углубленной переработки сырьевых ресурсов при сохранении или улучшении качества.

Развитие производства древесных плит способствует комплексному и рациональному использованию сырья, позволяет более полно использовать отходы и низкокачественное сырье, придавать продукции комплекс специальных свойств, снижать материалоемкость и себестоимость продукции. Основой развития и совершенствования производства является выпуск конкурентоспособной продукции широкого ассортимента и в объемах, обеспечивающих потребности внутреннего рынка России, а также экспорта продукции.

Древесно-стружечные плиты с течением времени приобретают все большее применение во всех сферах, вытесняя изделия из натуральной древесины. Объемы мирового производства и потребления композитов возрастают с каждым годом. В данном производстве в среднем около 50% затрат на изготовление единицы продукции приходится на сырье и материалы [1]. Отсюда глобальными задачами промышленности по производству плит является снижение материалоемкости, расходов сырья и материалов. Поиск доступного и дешевого сырья является весьма актуальным вопросом, решению которого может способствовать широкое вовлечение в производство всех возможных отходов деревообрабатывающих производств, а также недревесного сырья, напри-

мер отходов льнопроизводства (костры льна), потенциальными источниками которой являются льноперерабатывающие заводы.

Производство льняного волокна в России на протяжении последних десятилетий претерпевало спады и подъемы, как по уровню засеваемых площадей, так и по валовому сбору льносемян, льноволокна и его качеству. В настоящее время наблюдается устойчивая тенденция на увеличение объемов производства льна, при этом проблема утилизации и переработки образующихся отходов (костры льна) остается актуальной и требует скорейшего решения.

Костра льна является эффективным наполнителем композиционных материалов. Однако клееные материалы, изготовленные на ее основе по традиционной технологии, имеют недостаточные физико-механические характеристики. При осмолении костры сложно достичь равномерного распределения относительно малого количества клея по поверхности частиц, обладающих меньшей толщиной, по сравнению с древесными, следовательно, большей удельной поверхностью. Неравномерность осмоления костры приводит к нестабильности свойств по толщине и формату плиты, что негативно отражается на качестве продукции. Анализ результатов экспериментальных исследований, показал, что прочность костроплит при изгибе меньше прочности аналогично произведенных ДСтП на 20–30%, разбухание по толщине и водопоглощение выше примерно в 2 раза. Повысить качество плитной продукции на основе костры возможно путем повышения смачивающей способности применяемых клеевых составов и адгезионного контакта.

Адгезия определяет молекулярную связь между поверхностями приведенных в контакт разнородных тел, так что для их разделения необходимо приложить усилие или произвести работу [2]. В основе адгезионных процессов лежит сложный комплекс физико-химических явлений, вызванный молекулярным взаимодействием приведенных в контакт разнородных материалов. Это взаимодействие вызывает уменьшение свободной энергии системы. Опираясь такими термодинамическими понятиями, как свободная поверхностная энергия и поверхностное натяжение, можно описать некоторые этапы адгезионного взаимодействия, например процесс смачивания адгезивом поверхности субстрата [3]. Смачивание – это также проявление молекулярных сил, проявление сродства адгезива к субстрату. Изучение смачивания различных субстратов представляет интерес в том отношении, что позволяет выявить сродство адгезива к субстрату, сравнить молекулярные силы, действующие в различных системах адгезив – субстрат. Изучение смачивания различных целлюлозосодержащих наполнителей плитных древесных материалов позволяет определить рациональные клеевые составы, при использовании которых прогнозируются оптимальные эксплуатационные характеристики произведенных плит.

Полимерные составы, применяемые при осмолении наполнителей, должны обеспечивать полное смачивание поверхности субстрата, а также межфазный контакт между адгезивом и субстратом и межфазное или адсорбционное взаимодействие на границе двух фаз, то есть на границе полимер – наполнитель [4]. Явление смачивания связано с соотношением поверхностных натяжений( $\sigma$ ) адгезива и субстрата. Для достижения хорошего смачивания и хорошей адгезии необходимо, чтобы поверхностное натяжение субстрата было больше поверхностного натяжения адгезива [3].

Если при нанесении жидкости на твердую поверхность происходит процесс самопроизвольного увеличения площади контакта, имеет место смачивание. Смачивание – это явление, возникающее при контакте твердых тел с жидкостями в результате молекулярного взаимодействия между ними. Капля жидкости, растекающаяся по поверхности твердой подложки, является особым физическим объектом, форма и структура которого определяются составом жидкости, условиями внешней среды и свойствами поверхности подложки [5, 6].

Рассмотрим условия смачивания жидкостью твердой поверхности. Если до соприкосновения с подложкой капля жидкости имела поверхность  $S_k$ , а поверхность твердой подложки была  $S_t$ , то в состоянии равновесия, когда жидкость образует на поверхности тела каплю определенной формы, площадь поверхности соприкосновения капли с подложкой составит  $S_{тж}$ , а площадь поверхности капли  $S_{ж}$ . Общая свободная поверхностная энергия в начальный момент составляет

$$F_1 = S_k \sigma_{ж} + S_t \sigma_t . \quad (1)$$

В конечный момент, после достижения равновесия, общая свободная поверхностная энергия составит

$$F_2 = S_{ж} \sigma_{ж} + S_{тж} \sigma_{тж} . \quad (2)$$

Необходимое условие самопроизвольного протекания процесса смачивания заключается в том, чтобы происходила убыль свободной поверхностной энергии

$$\Delta F = (F_1 - F_2) < 0 . \quad (3)$$

Для данного условия смачивания справедливо неравенство

$$\frac{\sigma_t - \sigma_{тж}}{\sigma_{ж}} > \frac{S_{ж} - S_k}{S_{тж}} . \quad (4)$$

Отсюда следует, что при  $\sigma_t > \sigma_{тж}$  происходит увеличение поверхностного соприкосновения жидкости со средой ( $S_{ж} > S_k$ ). Таким образом, смачивание термодинамически возможно при условии  $\sigma_t > \sigma_{тж}$ .

Равновесие капли жидкости на поверхности твердого тела (без учета шероховатости поверхности и действия силы тяжести) подчиняется уравнению Юнга

$$\sigma_t = \sigma_{тж} + \sigma_{ж} \cos \Theta , \quad (5)$$

из которого следует

$$\cos \Theta = \frac{\sigma_t - \sigma_{тж}}{\sigma_{ж}} , \quad (6)$$

где  $\Theta$  – краевой угол, или угол смачивания.

Анализ состояния равновесия в тройной системе (твердое тело – жидкость – газ (воздушная среда)) приводит к зависимости вида

$$\sigma_t = \sigma_{ж} \frac{1 + \cos \Theta}{1 - \cos \Theta} . \quad (7)$$

Межфазное поверхностное натяжение для двух жидкостей определяется правилом Антонова [7] согласно которому оно равно разности поверхностных натяжений каждой из фаз в отдельности. Приняв это допущение применительно к системе твердое тело – жидкость можно записать

$$\sigma_{тж} = | \sigma_t - \sigma_{ж} | = | \sigma_{ж} - \sigma_t | , \quad (8)$$

тогда, используя правило Юнга (5) можно получить простое выражение для значения поверхностной энергии твердого тела:

$$\sigma_T = |\sigma_{ж} - \sigma_T| + \sigma_{ж} \cos \Theta ; \quad (9)$$

$$\sigma_T + \sigma_T = \sigma_{ж} + \sigma_{ж} \cos \Theta ; \quad (10)$$

$$2 \sigma_T = \sigma_{ж} (1 + \cos \Theta) ; \quad (11)$$

$$\sigma_T = \frac{1}{2} \sigma_{ж} (1 + \cos \Theta). \quad (12)$$

Отсюда следует, что определение величины поверхностной энергии твердого тела возможно по результатам измерения краевого угла смачивания.

Очевидно, при  $\sigma_T < \sigma_{тж}$  и  $\cos \Theta < 0$ , то есть когда жидкость не смачивает поверхность, краевой угол  $\Theta$  должен быть больше  $90^\circ$ . Если угол смачивания меньше  $90^\circ$ , происходит частичное смачивание. При  $\Theta = 0$ , когда краевой угол не образуется, имеет место полное смачивание, или растекание. Условие растекания жидкости по поверхности твердого тела выражается неравенством

$$\sigma_T > \sigma_{ж} + \sigma_{тж} . \quad (13)$$

Таким образом, краевой угол смачивания  $\Theta$  или  $\cos \Theta$  есть мера смачивания, а растекание – частный случай смачивания.

Для достижения высокой адгезии необходимо, чтобы поверхностное натяжение жидкости имело большие значения. Также необходимо, чтобы поверхностное натяжение твердого тела было больше поверхностного натяжения жидкости, соприкасающейся с ним, при этом будет обеспечиваться смачивание адгезивом поверхности субстрата

$$\sigma_{субстрат} > \sigma_{адгезив} . \quad (14)$$

Поверхностное натяжение карбамидоформальдегидных олигомеров, применяемых в производстве плитных материалов, составляет порядка  $60 \text{ МДж/м}^2$  [8]. Поверхностное натяжение костры, экспериментально определенное по соотношению краевых углов смачивания и поверхностного натяжения различных адгезивов, составляет порядка  $45 \text{ МДж/м}^2$ , то есть условие полного смачивания не соблюдается. Следовательно, для улучшения смачивающей способности карбамидоформаль-дегидного олигомера, необходимо уменьшить величину его поверхностного натяжения путем модификации поверхностно-активными составами, например, простыми спиртами.

На рис. 1 представлено влияние типа и количества некоторых спиртов на величину поверхностного натяжения клеев на основе олигомера КФН-66.

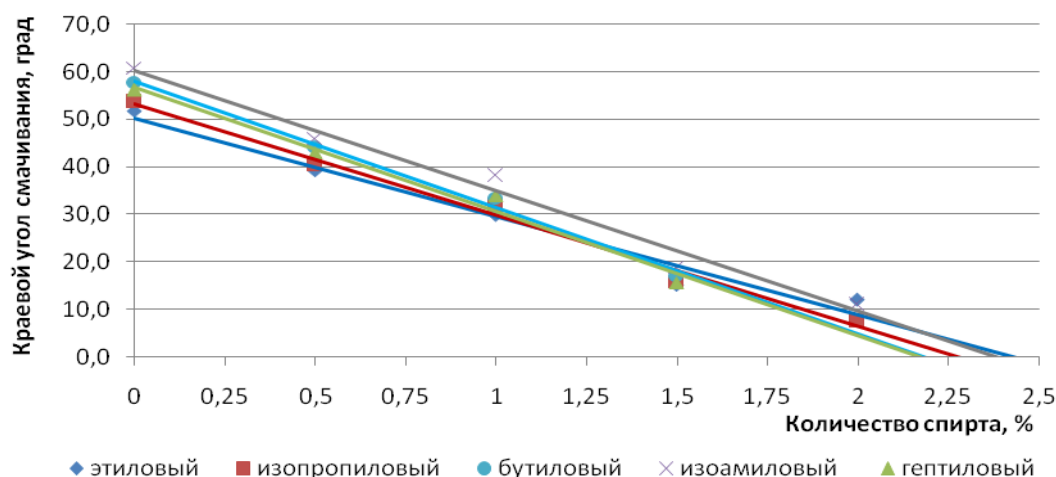


Рисунок 1 – Влияние типа и количества спиртов на поверхностное натяжение модифицированных клеевых составов на основе олигомера КФН-66

При введении в клеевой состав спиртов заметно снижается поверхностное натяжение а также краевой угол смачивания по отношению как к древесным наполнителям, так и к костре льна (рис. 2).

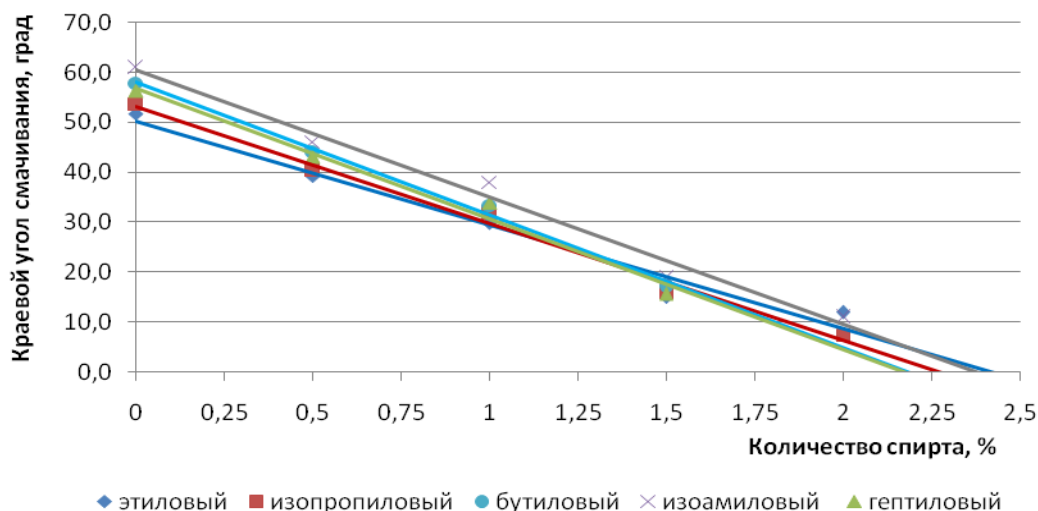


Рисунок 2 – Влияние количества спиртов, добавляемых в олигомер КФН-66, на краевой угол смачивания, субстрат – костра льна

Эффективность данной модификации можно оценить путем расчета работы адгезии ( $W_a$ ), которая определяется соотношением поверхностных энергий адгезива, субстрата, а также межфазной энергии [9]:

$$W_a = \sigma_{жг} + \sigma_{тг} - \sigma_{тж}, \quad (15)$$

где  $\sigma_{жг}$  – поверхностное натяжение жидкости (адгезива) на границе с газом (воздухом), МДж/м<sup>2</sup>;

$\sigma_{тг}$  – поверхностное натяжение твердого тела (субстрата) на границе с газом (воздухом), МДж/м<sup>2</sup>;

$\sigma_{тж}$  – межфазное поверхностное натяжение, МДж/м<sup>2</sup>.

С учетом уравнения Юнга (5) работа адгезии может быть определена по формуле, в которой используются величины, доступные экспериментальному определению:

$$W_a = \sigma_{жг} (1 + \cos \Theta). \quad (16)$$

С учетом межфазного взаимодействия более точное значение работы адгезии может быть определено по формуле:

$$W_a = \sigma_{жг} (2 + b \cdot \sigma_{кр}) - b \cdot \sigma_{жг}^2, \quad (17)$$

где  $b$  – коэффициент пропорциональности, равный тангенсу угла наклона зависимости  $\cos\theta=f(\sigma_{жг})$  к оси абсцисс;

$\sigma_{кр}$  – критическое значение поверхностного натяжения адгезива, при котором обеспечивается полное смачивание, МДж/м<sup>2</sup> (по величине равно значению поверхностного натяжения субстрата).

Зависимость (17) представляет уравнение параболы, вершина которой находится при следующем значении поверхностного натяжения адгезива:

$$\sigma_{жг} = \frac{1}{b} + 0,5 \cdot \sigma_{кр}. \quad (18)$$

При этом максимальная работа адгезии определяется зависимостью вида:

$$W_{a \max} = \frac{1}{b} + \sigma_{кр} + 0,25 \cdot b \cdot \sigma_{кр}^2. \quad (19)$$



На рис. 3 представлена зависимость работы адгезии от поверхностного натяжения клеевого состава.

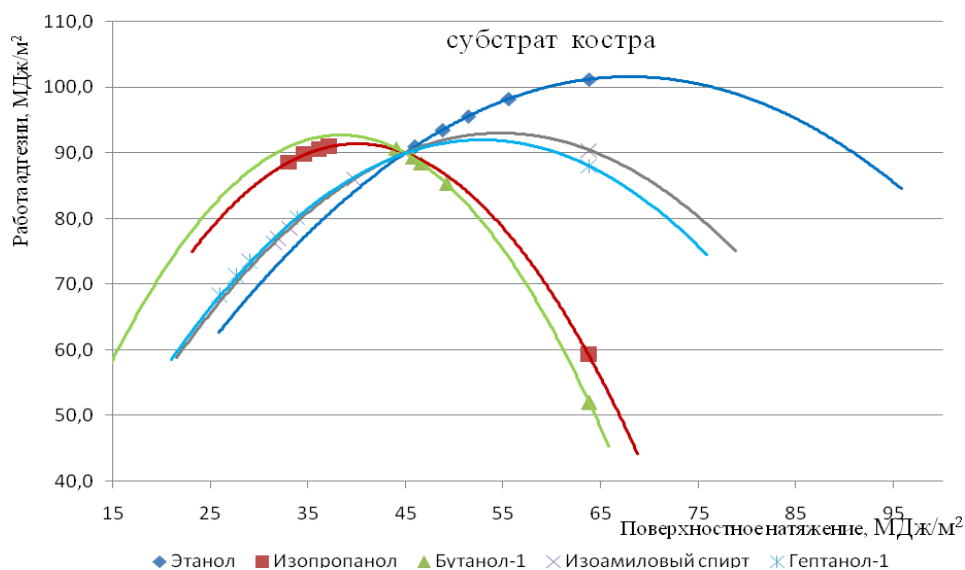


Рисунок 3 – Зависимость работы адгезии от поверхностного натяжения модифицированного карбаминоформальдегидного олигомера КФН-66

Проведенные расчеты и построенные графические зависимости свидетельствуют о повышении работы адгезии при использовании модифицированных клеевых составов.

Наиболее эффективные показатели модификации у карбаминоформальдегидного олигомера, модифицированного бутиловым и изопропиловым спиртами. Для костры льна модификация вызывает наиболее значимый эффект по сравнению с древесными субстратами, т.к. обеспечивается качественное распределение модифицированного связующего между частицами костры, что не наблюдается при использовании традиционной смолы без модификатора.

Экспериментально подтверждено, что физико-механические характеристики плитных материалов на основе костры при модификации клеев спиртами существенно увеличиваются (табл.1). Рациональное количество вводимого бутанола 1,5...2 %, при этом поверхностное натяжение клеевого состава приближается к поверхностному натяжению костры с обеспечением максимальной адгезии.

Таблица 1 – Сравнительные свойства костроплит на основе олигомера КФН-66

№	Количество модификатора (бутанола), %	Плотность плиты, кг/м³	Предел прочности при изгибе, МПа	Предел прочности при перпендикулярном отрыве, МПа	Разбухание по толщине, %	Водопоглощение, %
1	0	740	12,15	0,23	37,6	95
2	1	732	18,21	0,57	29	79
3	1,5	738	19,98	0,59	26,1	74,1
4	2	729	21,07	0,57	25,8	72,2

Таким образом, модификация синтетических смол спиртами позволяет снизить их поверхностное натяжения до уровня субстрата, повысить смачиваемость и равномерность распределения по частицам наполнителя, увеличить работу адгезии, что положительным образом сказывается на качестве готовой плитной продукции на основе костры льна. Данная модификация позволяет повысить также адгезию по отношению к древесным и совмещенным наполнителям.

#### Библиографический список

1. Волынский В.Н. Технология стружечных и волокнистых древесных плит / В. Н. Волынский. – Таллинн: Дезидерата, 2004. – 192 с.
2. Воюцкий С.С. Курс коллоидной химии / С. С. Воюцкий. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Химия, 1975. – 512 с.
3. Зимон А.Д. Адгезия жидкости и смачивание / А. Д. Зимон. – М.: Химия, 1974. – 416 с.
4. Лопаткин А.А. Теоретические основы физической адсорбции / А. А. Лопаткин. – М.: Наука, 1983. – 344 с.
5. Зимон А.Д. Адгезия пленок и покрытий / А. Д. Зимон. – М.: Химия, 1977. – 352 с.
6. Адамсон А. Физическая химия поверхностей / А. Адамсон; перевод И. Г. Абидора. – М.: Мир, 1979. – 568 с.
7. Райдил Э.К. Химия поверхностных явлений : пер. с англ / Э. К. Райдил. – М.: ОНТИ, 1936. – 421 с.
8. Фрейдин А.С. Прочность и долговечность клеевых соединений / А. С. Фрейдин. – 2-изд. перераб. и доп. – М.: Химия, 1981. – 270 с.
9. Берлин А.А. Основы адгезии полимеров / А. А. Берлин, В. Е. Басин. – М.: Химия, 1974. – 392 с.

**Уласовец В.Г.** (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ) [vadul@mail.ru](mailto:vadul@mail.ru)

## **СОСТАВЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ И РАЦИОНАЛЬНЫХ ПОСТАВОВ ПРИ РАСПИЛОВКЕ БРЕВЕН ПАРАЛЛЕЛЬНО ОБРАЗУЮЩЕЙ DESIGNING EFFECTIVE SAWING PATTERN WHILE CUTTING LOGS IN PARALLEL WITH GENERATOR**

*Designing effective sawing patterns while cutting logs in parallel with generator is described in this article.*

Технологи лесопильных предприятий в своей практической деятельности при составлении и расчете поставов используют различные графики-квадранты или номограммы, построенные в прямоугольных координатах. Такие графики позволяют без каких-либо дополнительных вычислений определять **оптимальные** и **рациональные** размеры (толщину, ширину и длину) досок, и учитывать при их выпилке размерные особенности пиловочного сырья конкретного региона (например, сбежистость ствола),

а также вести анализ и корректировку установленных размеров с учетом требований потребителя, сохраняя при этом высокий объемный и спецификационный выход пилопродукции.

Как показала многолетняя практика лесопиления, *любой графический способ составления и расчета поставов приемлем только тогда, когда основан на строгих теоретических выкладках*. При этом такой способ всегда *нагляден, оперативен, прост при использовании и обладает высокой точностью*.

Оптимальные размеры досок, выпиливаемых из пифагорической и параболической зон бревна, при его распиловке вдоль продольной оси можно вычислить по известным формулам или определить по различным графикам-квадрантам и номограммам [1 ... 4].

Оптимальные размеры досок, выпиливаемых из бревен при их продольной распиловке параллельно образующей (т.е. по сбегу) обоснованы в теоретических исследованиях [5 ... 8], на основании которых были разработаны и составлены для практического использования графические [9, 10] (рис. 1 и рис. 2) зависимости величины оптимальной толщины доски от величины диаметра бревна и расстояния от центра вершинного торца бревна до ее внутренней пласти.

Графики построены в прямоугольных координатах. Наклонные линии, обозначенные цифрами от 10 до 50, представляют значения величин диаметров бревен в вершине (в см) и являются графиками, отражающими изменение толщин досок в зависимости от их положения в поставе.

Если выпиливаемые доски пронумеровать последовательно *от периферии к центру бревна*, то определение их оптимальных толщин следует вести по графикам с соответствующим номером (цифры в кружках от 6 до 1), начиная *от центра бревна к периферии*, т.е. от доски, имеющей наибольший порядковый номер.

На оси абсцисс откладывают расстояния от центра вершинного торца бревна до внутренней пласти определяемой доски, в мм. Далее от отложенной точки на оси абсцисс проводят вертикаль до пересечения с наклонной кривой заданного диаметра бревна и от полученной точки пересечения проводят горизонталь до пересечения с осью ординат.

По оси ординат считывают оптимальные значения толщин обрезных прямоугольных досок, которые даны с учетом величин припусков на их усушку, в мм.

Использование поставов, составленных по графикам (рис. 1 и рис. 2), обеспечит наибольший объемный выход обрезных пиломатериалов оптимальных размеров для заданного количества досок. При этом максимальный объемный выход будет иметь постав с наибольшим количеством досок.

При несовпадении найденной по графику величины оптимальной толщины с существующими стандартными значениями следует принимать ближайший нижний или верхний (требуемый по спецификационному заданию) размер толщины доски. При этом следует знать, что чем ближе к найденному по графику оптимальному значению будет принятая стандартная толщина доски, тем больше будет величина объемного выхода (и наоборот).

Общими при составлении и расчете поставов на распиловку бревен вдоль продольной оси и распиловку боковой зоны бревна параллельно образующей являются следующие положения:

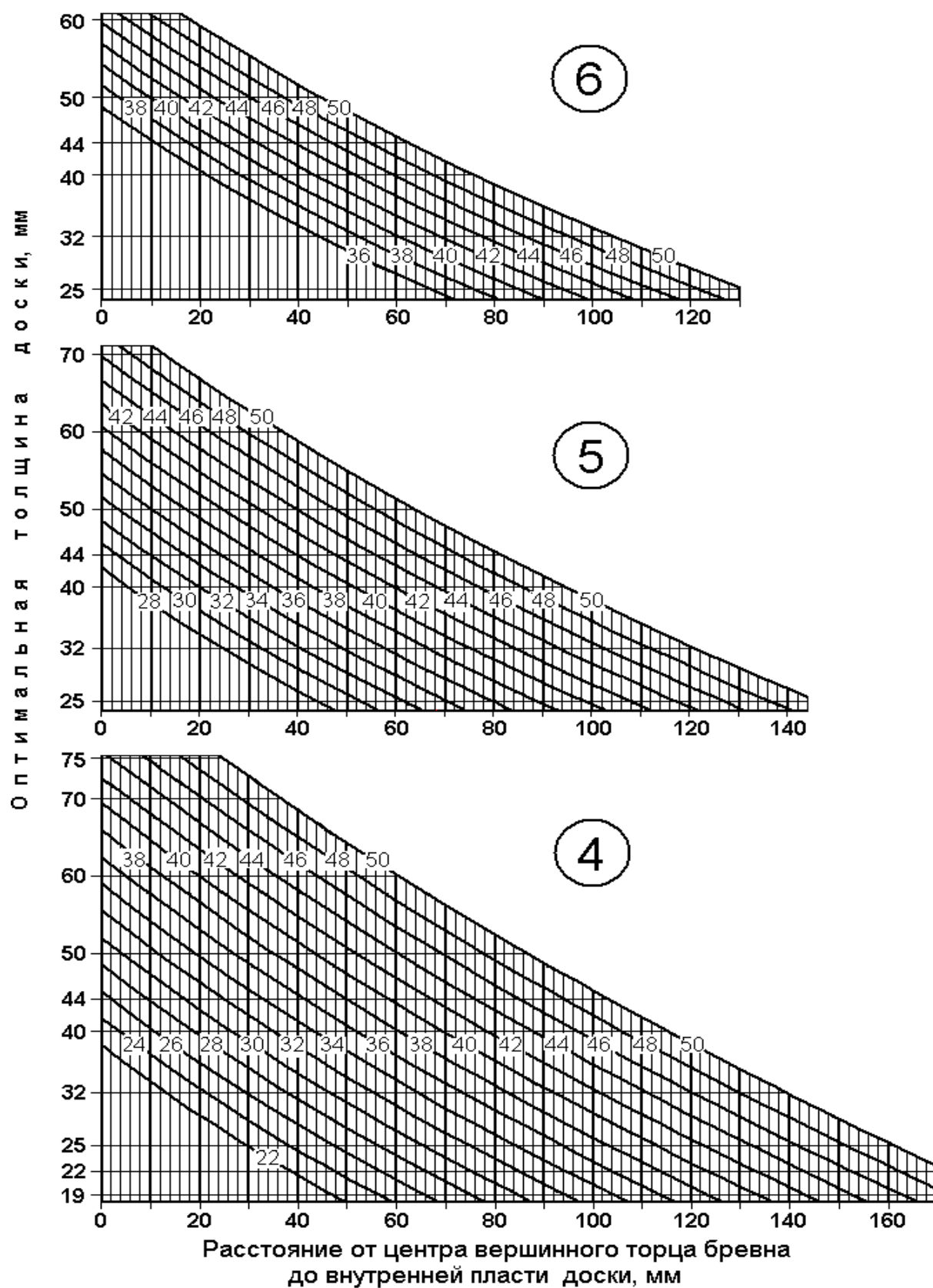


Рисунок 1 – Практические графики для составления поставов на распиловку сегментов бревен параллельно образующей (шестая, пятая и четвертая доска)

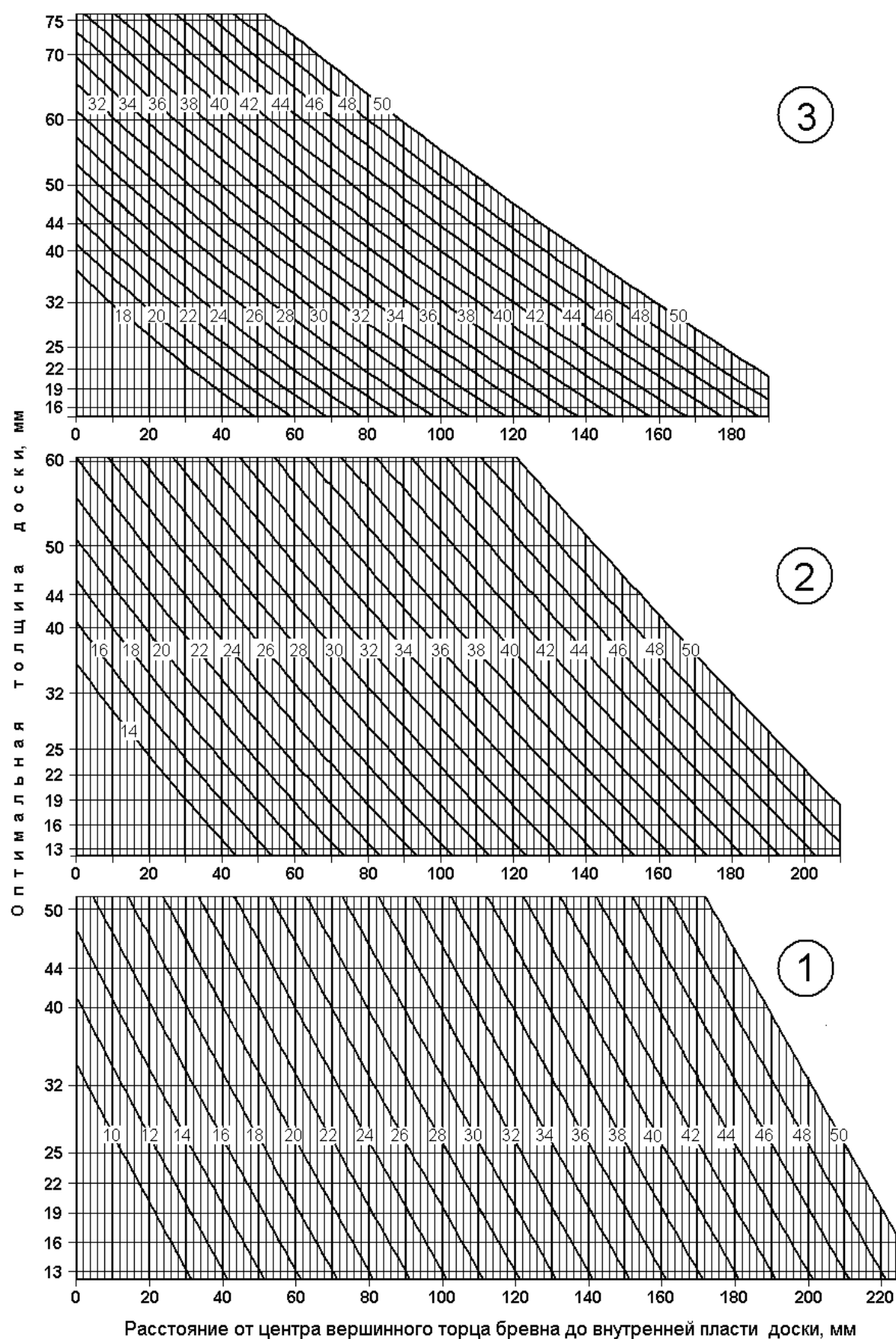


Рисунок 2 – Практические графики для составления поставок на распиловку сегментов бревен параллельно образующей (третья, вторая и первая доска)

- для каждого количества выпиливаемых в поставе обрезных досок существует **единственное** сочетание их **оптимальных** толщин;

- максимальный суммарный объемный выход будет иметь постав с **наибольшим** количеством обрезных досок.

На основании теоретических исследований, для практического определения размеров оптимальных ширин досок при распиловке бревен (или сегментов) параллельно образующей, разработаны графики (рис. 3) [10], на которых нанесены:

- по оси абсцисс - расстояния **от края** торца бревна до исследуемой (наружной или внутренней) пласти выпиливаемой доски, мм;

- по оси ординат - оптимальные значения ширин сырых досок (мм);

- четверти окружностей торцовых сечений бревен с отметками от 10 до 50 см.

Эти отметки, в зависимости от толщины распиливаемых бревен, можно принимать за **радиусы** или **диаметры** торцовых сечений бревен.

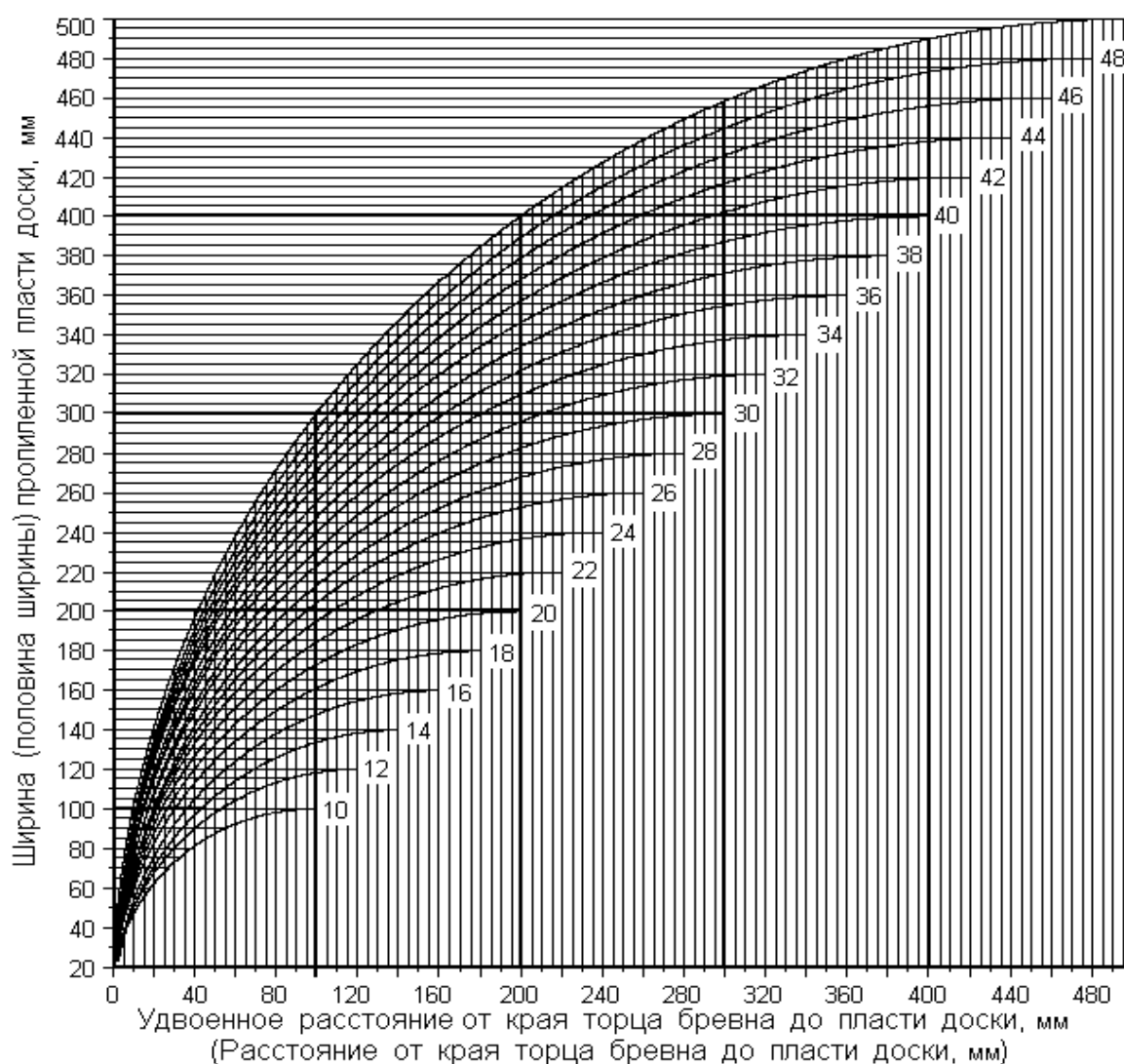


Рисунок 3 – Графики для определения оптимальных ширин досок при распиловке сегментов бревен параллельно образующей

Если считать, что цифрами от 10 до 50 обозначены **радиусы** окружностей в см, то численные значения на горизонтальной шкале должны соответствовать величине

расстояния от края торца бревна до определяемой пласти выпиливаемой доски, в мм, а получаемые значения на вертикальной шкале будут соответствовать половине ширины определяемой пласти доски, в мм.

Если считать, что цифрами от 10 до 50 обозначены **диаметры** окружностей в см, то значения на горизонтальной шкале должны соответствовать удвоенному расстоянию от края торца бревна до определяемой пласти выпиливаемой доски в мм, а получаемые значения на вертикальной шкале будут соответствовать полной ширине определяемой пласти доски в мм.

Отметим, что **длина** выпиленных досок максимального объема при распиловке сегментов бревен параллельно образующей всегда будет равна длине исходного бревна. В отличие от распиловки бревен параллельно продольной оси, здесь, для получения максимального объема доски, не требуется ее укорачивать и переобрезать на большую ширину.

При составлении и расчете поставов полученные значения оптимальных размеров обрезных досок могут не совпадать с требуемыми спецификационными или имеющимися в сетке размеров по соответствующему стандарту. Переход от **оптимальных** размеров досок к **спецификационным** или к **стандартным** часто связан с потерей объемного выхода. Исключение составляют случаи, когда в выпиливаемой доске преднамеренно оставляют некоторую часть обзола.

Существующая практика составления и расчета поставов рекомендует при уточнении толщины, ширины и длины выпиливаемых досок принимать те размеры, которые находятся ближе (вверху или внизу) к **оптимальным** в стандартной размерной сетке или в спецификационном задании заказчика. В этом случае уменьшение объемного выхода пиломатериалов не будет существенным, так как полученные значения изменяются незначительно, следовательно, такие размеры можно считать **рациональными**. При большом удалении от оптимальных значений потери объемного выхода возрастают, а рациональность выбранных размеров утрачивается.

Разработанные графики для составления поставов на распиловку сегментов бревен параллельно образующей являются одновременно графиками для составления поставов на распиловку бревен, имеющих цилиндрическую форму.

Анализируя график рис. 3, отметим, что доски, выпиленные параллельно сбегу из периферийной зоны бревен смежных диаметров, имеют меньшее рассеяние размеров ширин, чем при раскросе бревен параллельно продольной оси. Это показывает, что требования к сортировке пиловочного сырья, предназначенного для распиловки параллельно образующей, могут не совпадать с традиционными требованиями лесопильных предприятий ведущих распиловку параллельно продольной оси бревен.

Отметим, что согласно проведенным исследованиям, форма поверхности бревен (усеченный параболоид или усеченный конус) незначительно влияет на исследуемые величины, а существующая разность имеет скорее теоретическое значение, чем практическое.

Решение задачи по расчету оптимальных толщин досок при распиловке сегментов бревен параллельно образующей имеет важное теоретическое и практическое значение, так как позволяет установить суммарный максимально возможный коэффициент объемного выхода обрезных прямоугольных пиломатериалов при заданном их количестве.

Графики для составления и расчета поставов при распиловке бревен параллельно образующей представляют большой интерес для практического лесопиления, так как позволяют в простой и доступной форме находить оптимальные размеры выпиленных досок и обоснованно решать вопросы выбора рациональных схем раскроя пиловочного сырья различных диаметров и сбеге на специфицированные пиломатериалы, оперативно выявлять структуру рациональных поставов и проводить их сравнительный анализ, разрабатывать планы раскроя, получать при распиловке высокий коэффициент объемного выхода спецификационных (т.е. заданных по размерам и качеству) пиломатериалов.

Из практики известно, что фактический объемный выход пиломатериалов отличается от расчетного на 1,5 ... 3% (из-за несовпадения действительной формы бревен с принятой при расчете поставов; неточности при базировании и распиловке бревна; рассеяния ширин досок; потерь на участке обрезки и торцовки досок; состояния распиловочного оборудования и инструмента; квалификации рабочего персонала и некоторых других факторов).

Отмеченная связь между расчетным и фактическим выходом пиломатериалов указывает на необходимость определения в каждом случае *оптимальных* условий раскроя пиловочного сырья, обеспечивающих наибольший расчетный, следовательно, и наибольший фактический выход пиломатериалов.

Проведенные теоретические исследования создают основу решения практических задач по рациональному раскрою сегментов бревен параллельно образующей на ленточнопильных и круглопильных станках.

## Библиографический список

1. Шапиро, Д.Ф. Лесопильно-строгальное производство / Д.Ф. Шапиро - Л.: Гослестехиздат, 1935. - С. 88 - 97.
2. Батин, Н.А. Графики для составления поставов. // ИВУЗ. Лесоинженерное дело. - 1958. - № 4. - С. 143 - 148.
3. Уласовец, В.Г. Организация и технология лесопильного производства: учеб. пособие для вузов / В.Г. Уласовец. - Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. акад., 2001. - 294 с.
4. Уласовец, В.Г. Технологические основы производства пиломатериалов: учеб. пособие для вузов / В.Г. Уласовец. - Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2002. - 510 с.
5. Уласовец, В.Г. Рациональный раскрой пиловочника: моногр. / В.Г. Уласовец, - Екатеринбург: УГЛТУ, 2003. - 278 с.
6. Уласовец, В.Г. Теоретические основы распиловки бревен параллельно образующей / В.Г. Уласовец // Тр. факультета МТД. - Екатеринбург: УГЛТУ, 2005. - С. 4 - 13.
7. Уласовец, В.Г. Расчет оптимальных размеров пиломатериалов, получаемых при раскрое бревен параллельно образующей / В.Г. Уласовец // Деревообраб. пром-сть. - 2005. - № 3. - С. 7 - 10.
8. Ulasovets, V.G. The volume yield of edged saw-timber acquired from unedged using different methods of log sawing / V.G. Ulasovets // Drewno-Wood. - Poznan: Inst. Technol. Drew., 2005. - Vol. 48. - Nr. 174. - P. 41 - 53.



9. Ulasovets, V.G. The influence of log cutting methods on the size and volume indexes of sawn unedged boards / V.G. Ulasovets // *Drewno-Wood*. - Poznan: Inst. Technol. Drew., 2006. - Vol. 48. - Nr. 176. - P. 21 - 36.

10. Уласовец, В.Г. Распиловка бревен параллельно образующей: моногр./В.Г. Уласовец. - Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2009. - 147 с.

Уласовец В.Г. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ) [vadul@mail.ru](mailto:vadul@mail.ru)

## **РАСПИЛОВКА БРЕВЕН ПАРАЛЛЕЛЬНО ОБРАЗУЮЩЕЙ С ВЫРАБОТКОЙ СПЕЦИФИКАЦИОННЫХ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ РАВНЫХ ТОЛЩИН**

### ***CUTTING LOGS IN PARALLEL WITH GENERATOR TO MANUFACTURE SPECIFIED SAWN WOOD PRODUCTS WITH EQUAL THICKNESSES***

*Designing sawing patterns while cutting logs in parallel with generator to manufacture specified sawn wood products with equal thicknesses is described in this article. There are examples in the paper.*

Иногда на практике при выполнении спецификационных заданий с целью уменьшения числа одновременно выпиливаемых сечений досок боковую зону бревен распиливают на доски равных толщин [1, 2]. При этом количество таких досок будет зависеть от величины диаметра бревна, толщины выпиливаемых досок и величины пропила. Технологический процесс, в котором вырабатывают ограниченное число сечений досок, благоприятен для внедрения средств автоматизации и механизации, в результате чего возрастает производительность на участках сортировки, пакетирования, погрузки и транспортирования пиломатериалов.

Приведенные в работах [1, 2] рекомендации по выпиливанию досок равных толщин относятся к распиловке боковой зоны бревен параллельно их продольной оси, что в нашей стране осуществляют преимущественно на двухэтажных и одноэтажных лесопильных рамах.

Широкое использование в последние годы ленточнопильных и круглопильных станков в лесопилении позволяет расширить технологические возможности по применяемым схемам раскроя пиловочного сырья, в том числе, по распиловке бревен параллельно образующей (т.е. по сбегу). Теоретическое обоснование целесообразности этого способа при выработке пиломатериалов оптимальных толщин приведено в работах [3 ... 5].

По методическим положениям, изложенным в работах [1, 2], и на основании результатов исследований были разработаны и построены графики [6, 7] для составления поставок на распиловку боковой зоны бревен (сегментов) параллельно образующей на доски равных толщин (рис. 1 и рис. 2).

По нижней и верхней горизонтальным линиям графиков отложены расстояния от центра вершинного торца бревна до внутренней пласти его раскраиваемой боковой

зоны, а по оси ординат (вертикальная шкала слева) – номинальные размеры толщины досок.

Представленные на рис. 1 и рис. 2 наклонные линии, идущие вниз слева направо, отражают изменение номинального размера толщины досок в зависимости от величины расстояния внутренней пласти боковой зоны до центра вершинного торца бревна и имеют отметки, соответствующие вершинным диаметрам бревен, см.

Справа каждой группе наклонных линий соответствует номер, который показывает, сколько досок одной толщины будет выпилено из боковой зоны бревна.

При выпилке из боковой зоны одной доски ее толщину определяют по графику 1, двух досок – по графику 2, трех досок – по графику 3 и т.д.

Отметим, что хотя разработанные графики (рис. 1 и 2) отражают лишь частный случай раскроя пиловочника, тем не менее, они представляют значительный интерес для практического лесопильного производства.

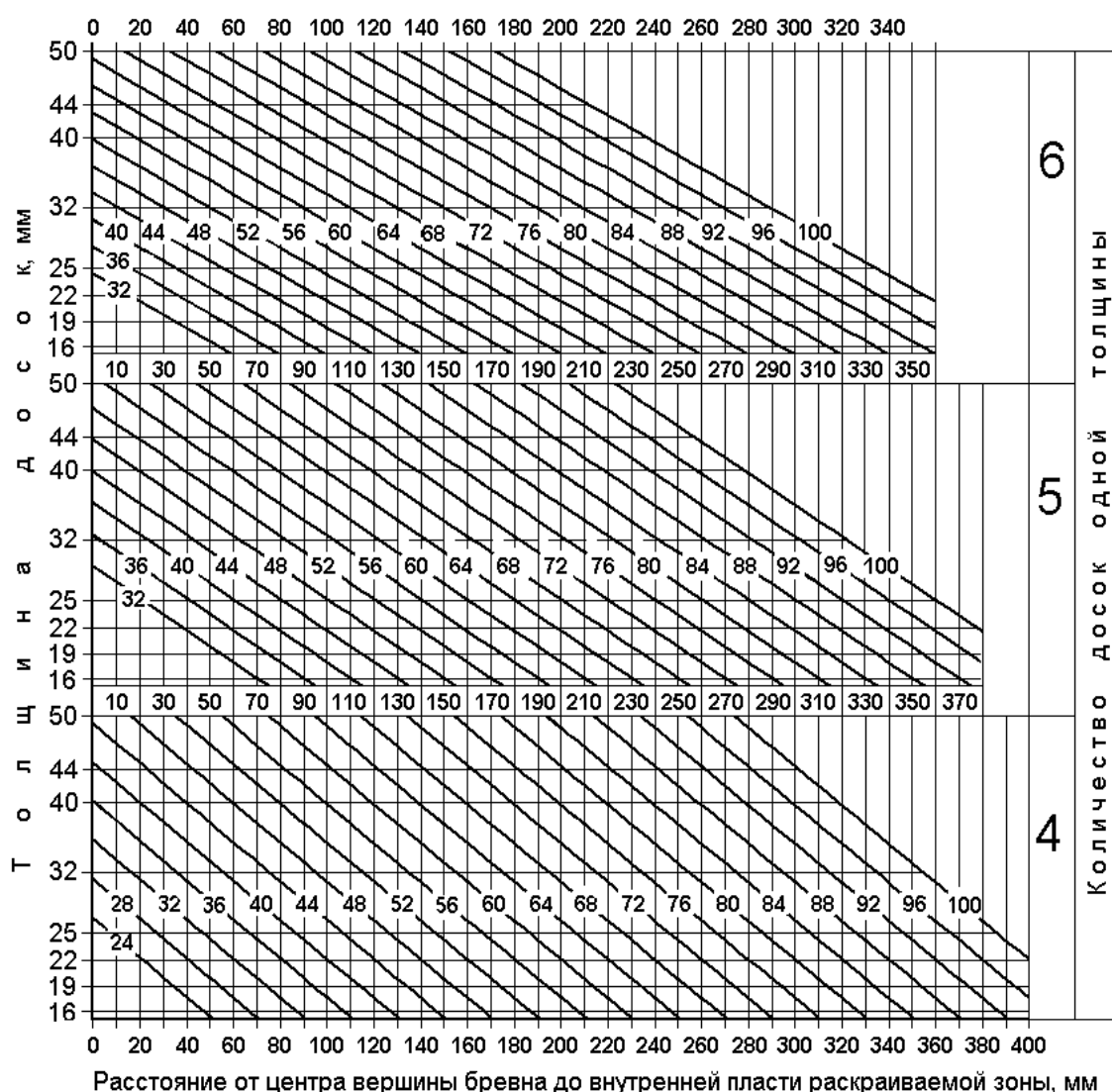


Рисунок 1 – Графики для составления поставов при распиловке сегментов бревен параллельно образующей на доски равных толщин (количество досок: 6, 5, 4)

Пусть, например, требуется составить постав на распиловку параллельно образующей (т.е. по сбегу) боковой зоны бревен сосны диаметром 42 см на доски одной толщины, при условии, что из сегмента уже выпилен боковой (центральный) брус толщиной (высотой)  $H_{бр.} = 125$  мм, величина пропила  $t = 2$  мм, влажность пиломатериалов  $W = 14 \dots 16$  %. При распиловке бревен иных пород на пиломатериалы другой влажности учитывают соответствующие припуски на усушку.

Вначале перед решением определим расстояние от центра вершинного торца бревна до внутренней пласти распиливаемой боковой зоны

$$C = t/2 + (H_{бр.} + y_{бр.}) + t,$$

где  $y_{бр.}$  - величина усушки бокового бруса по толщине, мм.

В рассматриваемом случае  $C = 1 + (125 + 4,7) + 2 = 132,7$  мм.

На верхней (или нижней) горизонтальной шкале графика отмечаем точку, соответствующую  $C = 132,7$  мм, и от нее проводим вертикаль до пересечения в каждом графике с той наклонной, которая соответствует диаметру 42 см. От полученных точек пересечения проводим горизонтали влево до пересечения с осями ординат соответствующих графиков. Тогда в нашем примере для раскроя сегмента бревна параллельно образующей будем иметь следующие поставки:

125/1 - 16/4 (график 4); 125/1 - 22/3 (график 3);

125/1 - 32/2 (график 2); 125/1 - 50/1 (график 1).

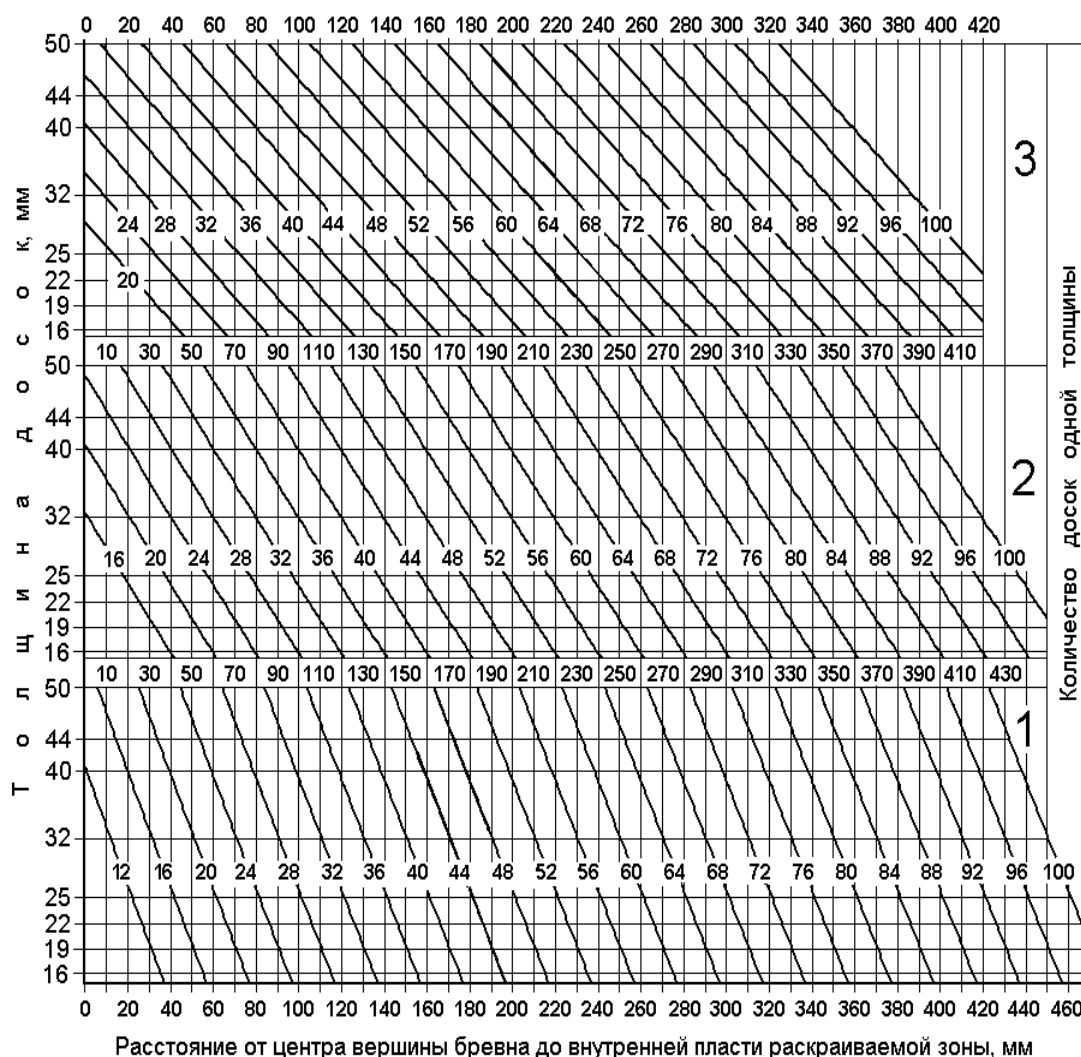


Рисунок 2 – Графики для составления поставов при распиловке сегментов бревен параллельно образующей на доски равных толщин (количество досок: 3, 2, 1)

Отметим, что вторую половину раскраиваемого бревна можно распилить по любому из вышеприведенных поставов, если такие толщины требуются по спецификационному заданию. При выработке из сегмента бревна диаметром 44 см бокового бруса толщиной 125 мм расстояние от центра вершинного торца бревна до раскраиваемой боковой зоны составит  $C = 132,7$  мм.

Вышеописанным путем получаем следующие возможные схемы раскроя:

125/1 - 19/4 (график 4); 125/1 - 25/3 (график 3);  
125/1 - 32/2 (график 2); 125/1 - 60/1 (график 1).

По предлагаемым выше графикам (рис. 1 и 2) можно не только определить число выпиливаемых досок заданной толщины и установить толщину досок при известном их количестве, но и составить рациональные схемы раскроя вразвал параллельно образующей сегментов бревен различных диаметров. Так, при распиловке сегмента елового бревна диаметром 28 см (при  $t = 2$  мм и  $W = 14 \dots 16$  %) могут быть следующие рациональные схемы раскроя:

16/6 (график 6); 22/5 (график 5); 32/4 (график 4);  
40/3 (график 3); 60/2 (график 2).

Если найденный по графику номинальный размер толщины доски не совпадает со стандартным, то следует брать ближайший спецификационный размер. Например, при распиловке сегмента бревна диаметром 14 см на одну доску наилучшим решением, в соответствии с графиком 1, будет доска, номинальной размер которой равен 48 мм, а ближайшие к нему размеры составляют по стандарту 50 и 44 мм. Здесь окончательный выбор толщины доски будет зависеть от конкретного спецификационного задания. При этом полезно помнить, что в рассматриваемом случае ширина тонкой доски будет больше, чем толстой.

По разработанным графикам можно также легко подобрать наилучшие величины диаметров бревен, если задана толщина центрального бруса и боковых досок. Например, требуется выпилить из елового бревна центральный брус толщиной 150 мм, а из оставшейся боковой зоны – доски толщиной 25 мм. Пусть величина пропила  $t = 3$  мм, а влажность пиломатериалов  $W = 22$  %.

Вычислим расстояние от центра вершинного торца бревна до раскраиваемой боковой зоны.

$$C = t/2 + (H_{бр.} + y_{бр.}) + t = 1,5 + (150 + 3,9) + 3 = 158,4 \text{ мм.}$$

Находим точки пересечения вертикали из  $C = 158,4$  мм с горизонтальными линиями заданных толщин досок (в нашем примере – 25 мм) каждого графика, которые и укажут наилучший диаметр бревна при различном количестве выпиливаемых досок

64 см (график 6); 60 см (график 5); 54 ... 56 см (график 4);  
50 см (график 3); 44 см (график 2); 40 см (график 1).

Отсюда следует, что соответствующие рациональные поставки будут иметь вид: 150/1 - 25/6 (график 6); 150/1 - 25/5 (график 5); 150/1 - 25/4 (график 4);

150/1 - 25/3 (график 3); 150/1 - 25/2 (график 2); 150/1 - 25/1 (график 1).

Приведенные выше примеры свидетельствуют о простоте пользования разработанными графиками при решении практических задач.

Как показали проведенные теоретические исследования [6, 7], выпиливание пиломатериалов равных толщин вместо досок оптимальной толщины не оказывает значи-

тельного влияния на изменение коэффициента объемного выхода пиломатериалов, *если будет обеспечено* теоретически обоснованное оптимальное соотношение между размерами боковой зоны бревна, количеством выпиливаемых из нее досок и их толщиной.

Реализация рациональных схем раскроя, разработанных с помощью вышеприведенных графиков, в настоящее время возможна на имеющемся ленточнопильном и круглопильном оборудовании.

#### Библиографический список

1. Батин, Н.А. Вспомогательные графики для составления поставок на распиловку бревен с брусковкой для первого прохода /Н.А. Батин //Деревообраб. пром-сть. 1975. - № 2. - С. 15 - 16.
2. Уласовец, В.Г. Распиловка боковой зоны бревен крупных диаметров на спецификационные пиломатериалы одинаковых толщин / В.Г. Уласовец // Деревообраб. пром-сть. - 1983. - № 6. - С. 3 - 6.
3. Уласовец, В.Г. Сравнительный анализ двух способов распиловки бревен на необрезные пиломатериалы / В.Г. Уласовец // Деревообраб. пром-сть. - 2005. - № 1. - С. 5 - 7.
4. Уласовец, В.Г. Теоретические основы распиловки бревен параллельно образующей / В.Г. Уласовец // Тр. факультета МТД. - Екатеринбург: УГЛТУ, 2005. - С. 4 - 13.
5. Уласовец, В.Г. Влияние способов раскроя пиловочника на размеры и объем необрезных пиломатериалов /В.Г. Уласовец // Тр. факультета МТД. - Екатеринбург: УГЛТУ, 2005. - С. 14 - 31.
6. Уласовец, В.Г. Распиловка бревен параллельно образующей с выработкой спецификационных пиломатериалов одной толщины / В.Г. Уласовец // Деревообраб. пром-сть. - 2007. - № 4. - С. 12 - 15.
7. Уласовец, В.Г. Распиловка бревен параллельно образующей: моногр./В.Г. Уласовец. - Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2009. - 147 с.

**Шадрина Е.В., Гороховский А.Г., Дружинин А.В.**

*(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)*

### **ИЗУЧЕНИЕ ФОРМОИЗМЕНЧИВОСТИ КЛЕЕНОЙ КАРАНДАШНОЙ ДОЩЕЧКИ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ БЕРЕЗЫ**

### **THE STUDING OF CURVATURE OF THE LAYERED PENCIL PLATE**

*The curvature of the pencil plate in the process of its manufacturing and storage. Revealing of the reasons and working out of reduction and exception deflections methods.*

Одним из наиболее важных факторов, влияющих на качество клееной карандашной дощечки, является ее формоизменчивость в процессе изготовления и хранения. Причиной появления формоизменчивости является продольное направление волокон

во всех термически обработанных в масле листах шпона при склеивании. Целью наших исследований является изучение способов исключения и уменьшения формоизменчивости дощечки. Показателем формоизменчивости при производстве фанеры из термообработанных листов шпона является величина прогиба, поэтому при проведении опытов критерием оценки является эта величина.

Для изучения формоизменчивости были изготовлены листы фанеры из предварительно термообработанных по оптимальным режимам березовых листов шпона, склеенных клеем ПВА холодным способом. Далее часть листов фанеры была уложена в пакет и находилась в свободном состоянии, другая часть находилась под грузом  $20 \text{ кг/м}^2$ , а третья часть под грузом  $40 \text{ кг/м}^2$ . Измерения формоизменчивости проводились с помощью щупов и линейки в четырех направлениях: 1, 2 – по диагонали; 3 – вдоль волокон; 4 – поперек волокон. Результаты измерений по истечении времени указаны в таблице.

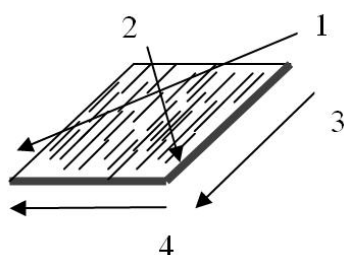


Рисунок – Схема направлений измерения прогибов

Таблица – Зависимость прогиба фанеры ( $\text{мм/м}^2$ ) от времени выдержки

Направление измерения	Время выдержки, сутки				
	3	6	9	12	15
Выдержка без груза					
1	1,5	2,0	1,0	1,5	1,5
2	3,0	3,0	2,5	2,0	1,1
3	0,1	0,1	0,2	0,2	0
4	0,5	0,5	1,0	1,0	0,8
Выдержка под грузом 40 кг					
1	2,5	3,0	2,0	1,0	0,5
2	2,0	2,5	2,0	1,5	1,0
3	0	0	0	0	0
4	1,0	1,0	1,5	1,0	0,5
Выдержка под грузом 20 кг					
1	2,0	3,5	1,5	3,0	2,5
2	3,0	2,0	1,5	1,0	1,0
3	0,5	0,5	0,2	0	0
4	2,0	1,5	0	1,0	0,5

Как видно из таблицы наибольший прогиб наблюдается у образцов фанеры, выдержка которых осуществлялась без груза. Наименьшие результаты прогиба под грузом  $40 \text{ кг/м}^2$ . При этом наибольший прогиб происходит в направлении 1 и 2, а наименьший по направлению 3, то есть вдоль волокон. При этом во всех случаях при увеличении

времени выдержки величина прогиба уменьшается. Наименьшая величина прогиба, приближенная к показателям ГОСТ 30427-96, отмечена при выдержке под грузом 40 кг в течение 15 суток.

Нами были проведены дополнительные эксперименты, которые показали, что для сокращения времени выдержки фанеры под грузом 40 кг до 8-9 суток можно наносить на шпон после его термообработки неглубокие прорезы поперек волокон. В ходе опытов выявлено, что оптимальный шаг прорезей составляет 40 мм.

**Выводы.**

Учитывая, что были проведены только поисковые эксперименты, сегодня при изготовлении клееных карандашных дощечек можно рекомендовать способ релаксации внутренних напряжений в виде укладки готовой фанеры в плотные стопы с грузом 40 кг и их выдержки в течение 9 суток. При увеличении времени выдержки до 15 суток можно полностью исключить коробление и в дальнейшем какой-либо формоизменчивости не наблюдается.

**Шадрина Е.В., Гороховский А.Г., Дружинин А.В.**

*(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)*

**О СМАЧИВАНИИ ПОВЕРХНОСТИ ТЕРМООБРАБОТАННОГО  
ШПОНА ПРИ СКЛЕИВАНИИ КАРАНДАШНОЙ ДОЩЕЧКИ**  
*ABOUT WETTING SURFACE OF THERMAL PROCESSED VENEER  
WHILE GLUING PENCIL BOARD*

*It is described an experiment on definition of the wetting angle of thermal processed surface of veneer in this article. Possibility of manufacturing plied pencil board is proved.*

Оригинальная конструкция клееной карандашной дощечки из термообработанного в техническом масле шпона березы предполагает определение такого физико-механического показателя как прочность склеивания. Важным условием формирования прочного клеевого соединения является достаточное смачивание поверхности слоистой древесины клеем.

Смачивание термообработанного шпона клеем – одна из характеристик адсорбции, которая характеризует возможность поглощения обработанной древесиной раствора клея, взаимодействие между микрочастицами контактирующих веществ, а также способность клея распределяться по поверхности шпона. Удовлетворительное протекание адсорбционных явлений способствует сближению молекул клея и древесины, что при достижении определенных расстояний способствует образованию прочных связей.

Контакт клея и древесины как капиллярно-пористого тела зависит от размера пор. Глубина проникновения клея в древесину достигает нескольких десятых миллиметра. Экспериментально установлено, что на смачиваемость древесины клеями оказывают влияние следующие факторы: вязкость и концентрация клея, кислотность среды клея, порода и влажность древесины, содержание в древесине и на ее поверхности экстрактивных и иных веществ [2].

Целью наших исследований является оценка краевого угла смачивания как доказательство возможности адсорбции и поглощения клея поверхностью термически обработанной слоистой древесины.

*Оборудование и материалы:* дисперсия ПВА, образцы термообработанного шпона березы размерами 150\*40\*1,5 мм, предметный столик, горизонтальный микроскоп МИР-2 (рис.1, табл.1), пипетка.

*Проведение испытания:* первоначально был установлен предметный столик и горизонтальный микроскоп строго по уровню. Далее проходила установка шкалы прибора в положение, удобное для отсчета, настраивалась резкость шкалы и горизонтальный микроскоп так, чтобы был виден край образца. Затем на образец с помощью пипетки наносилась капля дисперсии ПВА. После достижения капель равновесного состояния были определены ее высота и диаметр с помощью микрометра, имеющего определенную степень увеличения.

Таблица 1 - Параметры микроскопа МИР-2

Параметр	Значение
Увеличение	19 – 33х
Пределы измерения, мм	0,015 – 6
Окуляр Гюйгенса:	
Увеличение	7х
Цена деления шкалы, мм	0,1
Пределы шкалы выдвижного тубуса, мм	130 – 190
Габаритные размеры, мм	134×67×34
Вес, кг	0,29

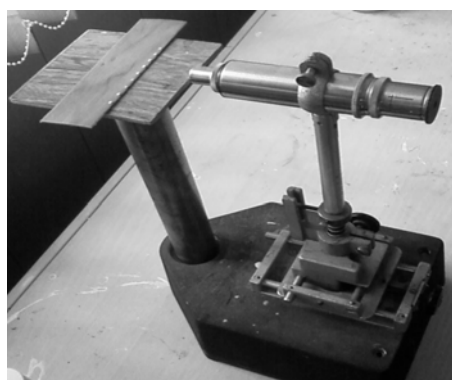


Рисунок 1 – Микроскоп МИР-2

Краевой угол смачивания  $\theta$  определялся через тангенс угла  $\theta$ , который рассчитывался по формуле:

$$\operatorname{tg} \theta = 4dh / (d^2 - 4h^2),$$

где  $d$ ,  $h$  – диаметр и высота капли, мм.

Для получения достоверного результата было произведено 30 замеров. Затем определено среднее значение краевого угла смачивания.

Контакт между каплей клея и древесной подложкой в зависимости от поверхностных свойств можно охарактеризовать тремя состояниями (рис. 2): жидкость частично смачивает древесину ( $\theta < 90^\circ$ ), жидкость практически не смачивает древесину ( $\theta > 90^\circ$ ) и жидкость не образует капли на твердом теле, а равномерно распределяется по его поверхности ( $\theta=0^\circ$ ) [1].



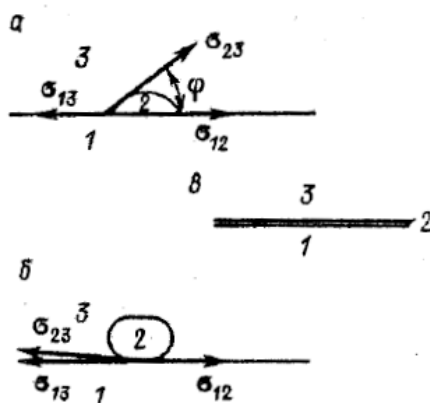


Рисунок 2 – Контактирование твердого тела и жидкости: *а, в* – при частичном и полном смачивании, *б* – при несмачивании; 1 – твердое тело, 2 – жидкость, 3 – воздух

После проведенных нами измерений и расчетов были получены следующие результаты (табл. 2).

Таблица 2 – Значения краевого угла смачивания обработанной поверхности шпона

№	d, мм	h, мм	tg θ	θ, °	№	d, мм	h, мм	tg θ	θ, °	№	d, мм	h, мм	tg θ	θ, °
1	0,9	0,1	0,57	<b>30</b>	11	0,7	0,1	0,90	<b>42</b>	21	0,8	0,1	0,78	<b>38</b>
2	0,8	0,1	0,75	<b>37</b>	12	0,7	0,1	0,81	<b>39</b>	22	0,9	0,2	0,85	<b>40</b>
3	0,6	0,1	0,42	<b>23</b>	13	0,9	0,1	0,66	<b>33</b>	23	0,8	0,1	0,80	<b>38</b>
4	0,5	0,1	0,58	<b>30</b>	14	0,8	0,1	0,66	<b>33</b>	24	0,6	0,1	0,53	<b>28</b>
5	0,7	0,1	0,71	<b>35</b>	15	0,8	0,1	0,54	<b>28</b>	25	0,8	0,1	0,54	<b>28</b>
6	0,7	0,1	0,67	<b>34</b>	16	0,7	0,1	0,51	<b>27</b>	26	0,9	0,1	0,57	<b>30</b>
7	0,7	0,1	0,61	<b>31</b>	17	0,8	0,1	0,56	<b>29</b>	27	0,5	0,1	0,58	<b>30</b>
8	0,7	0,1	0,71	<b>35</b>	18	0,7	0,1	0,75	<b>37</b>	28	0,7	0,1	0,90	<b>42</b>
9	0,7	0,1	0,87	<b>41</b>	19	0,8	0,1	0,60	<b>31</b>	29	0,8	0,1	0,54	<b>28</b>
10	0,6	0,1	0,84	<b>40</b>	20	0,8	0,2	0,97	<b>44</b>	30	0,8	0,1	0,77	<b>37</b>
Среднее														<b>34</b>

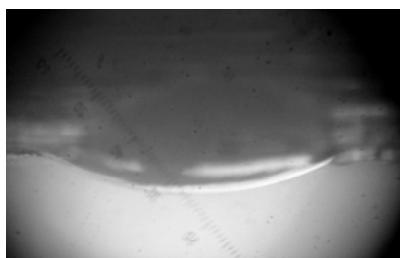


Рисунок 3 – Капля клея на поверхности термообработанного шпона (фото)

По результатам эксперимента установлено, что краевой угол смачивания поверхности обработанного в масле шпона составляет в среднем 34° (рис. 3). Значения краевого угла необработанного шпона меньше на 40 % по сравнению с аналогичными показателями для обработанного шпона. После высокотемпературной термической обработки поверхность шпона остается практически сухой, конечная влажность не превышает 3%, а содержание масла в среднем составляет 15%, но, тем не менее, минимальное количество масла на поверхности шпона ухудшает смачивание.

Достаточное смачивание термообработанного шпона можно объяснить следующим. Как известно, дисперсия ПВА имеет кислую исходную среду (рН 4,5-6,0), которая способствует частичному растворению или выталкиванию масла из перерезанных клеток лущеного шпона. Это обеспечивает распространение клея на определенную глубину пор для его сцепления с древесиной.

Следует отметить, что прочность склеивания карандашной дощечки (при скалывании вдоль волокон) в среднем составляет от 0,7 до 1 МПа в зависимости от режимов термической обработки шпона. Причем скалывание образцов происходит, в основном, по древесине, а при больших периодах термообработки (от 3 мин. и более) наблюдается тенденция скалывания по клеевому слою.

Полученные показатели краевого угла смачивания доказывают возможность адсорбции и поглощения клея поверхностью термически обработанной слоистой древесины, обеспечивая при этом образование достаточно прочного клеевого соединения.

### Библиографический список

1. Чубинский А. Н. Формирование клеевых соединений древесины: Монография / А. Н. Чубинский: Издательство С. – Петербургского университета, 1992. 164 с.
2. Волынский В. Н. Технология клееных материалов: Учебное пособие / В. Н. Волынский: Издательство АГТУ, 2003. 280 с.

**Шишкина С.Б., Ветошкин Ю.И. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)**

## **ЛАКОКРАСОЧНОЕ ПОКРЫТИЕ С ЗАЩИТНЫМИ СВОЙСТВАМИ ОТ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ** *PAINT AND VARNISH COVERING WITH PROTECTIVE PROPERTIES FROM AN IONIZING RADIATION*

*Versions of improved of aesthetic properties of a paint and varnish covering with protective properties from an ionizing radiation to complete complex finish of space of special purpose are considered.*

Защитный материал – это вещество, предназначенное для использования в целях ослабления воздействия любого вида излучений.

Разработка новых защитных материалов, а особенно защитных лакокрасочных композиций, простых в изготовлении и применении, относительно дешевых, с высокими эстетическими показателями, является важной задачей и перспективным направлением в модернизации оснащения и комплексной отделке рентгенкабинетов и других помещений специального назначения.

С целью решения данной задачи кафедрой МОД УГЛТУ была разработана лакокрасочная композиция (ЛКК) на основе природного минерала. Образцы покрытия на ее основе различной толщины прошли рентгенографические испытания на диагностическом цифровом аппарате «Пульмоскан-760 У». Полученные результаты показали, что

лакокрасочное покрытие (ЛКП) может быть использовано в качестве защитного материала при значениях мощности излучения в диапазоне 50—100 кВ.

Наряду с защитными свойствами были определены эстетические показатели ЛКП. Полученное покрытие на основе разработанной композиции матовое, обладает высокой укрывистостью, цвет покрытия зависит от оттенка природного минерального наполнителя. Однако для комплексного использования защитного материала необходимо предоставить потребителю возможность выбора таких эстетических показателей ЛКП как цвет, степень блеска, текстура и фактура.

Были рассмотрены следующие способы улучшения эстетических свойств ЛКП:

- 1) введение в состав ЛКК промышленных акриловых колеровочных масс для обеспечения разнообразной цветовой гаммы;
- 2) нанесение на готовое покрытие вододисперсионных красок и лаков на водной основе с целью обеспечения различных показателей степени блеска;
- 3) облицовывание готовых стеновых панелей пленкой ПВХ с целью имитации текстуры и фактуры различных материалов.

Полученные опытные образцы эстетически «улучшенного» покрытия также прошли рентгенографические испытания на цифровом аппарате «Пульмоскан-760 У» для определения влияния дополнительных компонентов на защитные свойства. При определении показателей кратности ослабления рентгеновского излучения полученные образцы сравнивались с образцом покрытия на основе разработанной ЛКК (толщиной 3 мм) при различных режимах облучения. Данные исследования были обработаны методом оценки цифровых изображений [1]. Кратность ослабления рентгеновского излучения различными вариантами ЛКП представлена на рис. 1.

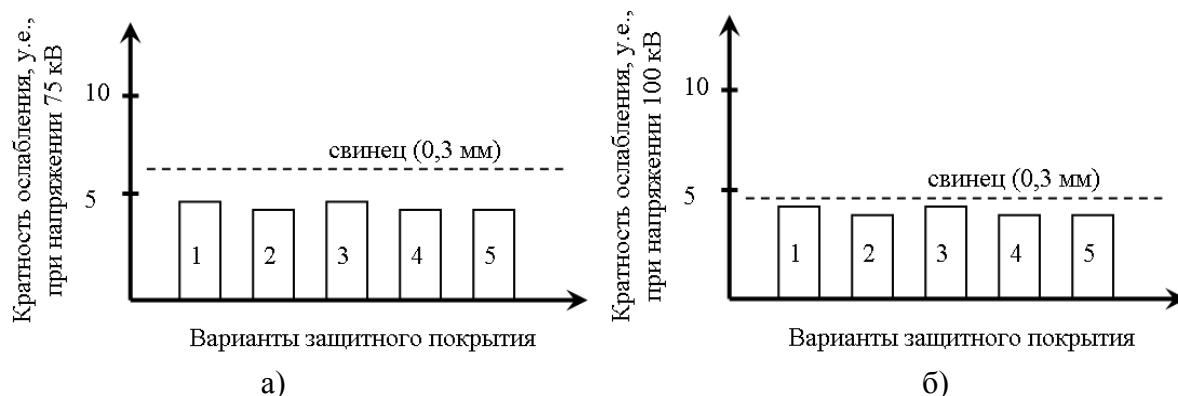


Рисунок 1 – Кратность ослабления рентгеновского излучения различными вариантами ЛКП: а) при напряжении в анодной трубке 75 кВ; б) при напряжении в анодной трубке 100 кВ; 1—образец покрытия толщиной 3 мм; 2— образец покрытия, обработанный вододисперсионной акриловой краской «Экопласт»; 3—образец покрытия, обработанный лаком на водной основе «Балет плюс»; 4—образец колерованного покрытия; 5— образец покрытия, облицованного плёнкой ПВХ

Вывод:

- 1) улучшение эстетических свойств покрытия на основе предлагаемой ЛКК не оказывает существенного влияния на показатели защитных свойств покрытия;
- 2) применение лакокрасочного покрытия на основе природного минерала позволит завершить комплексную отделку помещений специального назначения, улучшить показатели ослабляющих свойств уже используемых в этих целях материалов [2];

3) применение предложенных способов улучшения эстетических показателей ЛКП позволит существенно расширить ассортимент изделий специального назначения: защитных стеновых панелей, жалюзи; экранов, ширм, дверей и т.д.

## Библиографический список

1. Шишкина С.Б. Определение защитных свойств от рентгеновского излучения лакокрасочной композиции на основе природного минерала. / С.Б. Шишкина., Ю.И. Ветошкин, И.В. Яцун, К.С. Соломеин // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: труды V международного евразийского симпозиума, Екатеринбург: УГЛТУ, 2010. С.141-144.

2. Ветошкин Ю.И. Конструкции и эксплуатационно-технологические особенности композиционных рентгенозащитных материалов на основе древесины / Ю.И. Ветошкин, И.В. Яцун, О.Н. Чернышев Уральский гос. лесотехн. универ. Екатеринбург: УГЛТУ, 2009. 148 с.

**Кари Пуустинен** (*Jartek Oy, г. Лахти, Финляндия*) [paivi.menard@lahtispb.fi](mailto:paivi.menard@lahtispb.fi)

## ТЕХНОЛОГИЯ ЛЕСОПИЛЕНИЯ БЕЗ ПОДГОТОВКИ ПИЛОВОЧНИКА SAWING TECHNOLOGY WITHOUT PREPARING SAWTIMBER

*Sawtimber is being sorted in the preparing area in Russia and Europe for more than 100 years. Rationality of that step is questioned in the article.*

### Введение

Обычно сортировка пиловочника происходит на отдельной сортировочной линии, где одновременно производится приемочный обмер бревен, результаты которого служат основанием для расчетов с поставщиком лесоматериалов или для учета собственного пиловочника. После сортировки пиловочник поступает на склад сырья в свою сорторазмерную группу. Переработка накопленной партии одной сорторазмерной группы, в зависимости от лесопильного предприятия, занимает от пары часов до целого дня.

### Технология "Scan And Set"

В технологии пиления без подготовки пиловочника бревна сразу поступают на линию подачи на распил. Это могут быть как сортименты, так и хлысты. В последнем случае в технологический поток включается раскряжевочная установка для поперечной разделки хлыстов и тогда с помощью 3D-измерителя и, возможно, рентгеновского сканера, можно разделить хлыст наиболее рационально, получив более высокий выход пиломатериалов. На линию подачи на распил разгружаются все подвозимые лесовозами лесоматериалы, поэтому негодные бревна пытаются отделить еще на делянке. Колесный погрузчик подает пиловочные бревна на разобшающий стол, с которого они перемещаются на оценочный стол, где происходит контроль породы и пригодности к распиловке. Оценочный стол во многих случаях может быть заменен рентген-сканером. Затем 3D-измерителем определяются размеры бревна, точно так же, как на приемочном обмере при сортировке пиловочника. Как правило, в паре с 3D-измерителем стоит ме-

таллодетектор, предотвращающий подачу бревен с металлическими включениями на окорку или распиловку. Такие бревна, а также слишком мелкие, слишком крупные или бревна не той породы, выводятся из потока. Вслед за обмером производится окорка, после чего пиловочник готов для подачи на линию пиления. Но все же чаще пиловочник перед этим накапливают на 2 - 5 столах в соответствии с их диаметром. Этим обеспечивается гибкость последующего процесса. Столы прогоняются поочередно за несколько минут или несколько десятков минут.

На пильной линии до пильного станка стоит 3D сканер, который с высокой точностью определяет форму каждого бревна и направляет данные о его профиле оптимизирующим устройствам, которые по этим данным рассчитывают оптимальный постав. Если позволить оптимизатору свободно выбирать постав пильного станка, то это просто приведет к тому, что выходящие штуки пиломатериала будут иметь самое разное сечение. Это потребует огромного количества сортировочных карманов-накопителей на сырой сортировке. Поэтому в программу оптимизации заранее вводятся разрешенные сечения пилопродукции. Чем больше имеется в распоряжении карманов-накопителей, тем больше можно ввести этих сечений и, следовательно, получить больший выход с каждого бревна.

Оптимизирующие устройства управляют положением пил. При пилении изменяемым поставом расстояние между бревнами должно быть больше, чем при жестко установленном поставе. Расстояние между бревнами, которое регламентируется изготовителем пильного станка, обычно составляет примерно 2,5 м. Более большое расстояние между бревнами означает, что при одинаковой производительности и скорость подачи должна быть соответственно больше. Поэтому в общем случае в станки с изменяемым поставом проектируются с более высоким запасом прочности, станки с "жестким" поставом. Технология пиления "Scan and Set" имеет четыре важные составляющие: 3D сканер, оптимизатор, программу оптимизации и бревнопильный станок. Как известно, надежность всей технологической цепочки определяется надежностью наиболее слабого звена. Поэтому лучше, когда оборудование представляет единый комплекс от одного поставщика, поскольку тогда нет слабых звеньев.

### Резюме

Технология "Scan and Set" может быть применена не всегда, но во многих случаях она является хорошей альтернативой, т.к. требует меньших инвестиционных вложений. Хотя затраты на собственно оборудование не намного меньше, сэкономить получается на инфраструктуре – не надо строить линию сортировки и склад пиловочного сырья, которые требуют большой асфальтированной или бетонной площадки, чтобы исключить загрязнение обрабатываемых бревен. В зависимости от характера грунта общестроительные затраты на обустройство территории участка подготовки пиловочника могут составлять заметную долю от общей суммы инвестиций.

Для лесозаводов, товарная номенклатура которых содержит несколько сотен позиций, технология "Scan and Set" вряд ли целесообразна, т.к. проигрывает традиционным схемам в гибкости. Но для лесопильных производств, ориентированных на выпуск пиломатериалов всего несколько десятков различных сечений, "Scan and Set" вполне приемлема. В принципе товарная номенклатура не накладывает ограничений, просто одновременное пиление нескольких сотен сечений не является целесообразным.

Одним словом, "Scan and Set" для многих случаев является хорошей альтернативной технологией с меньшими инвестиционными затратами.

Яннэ Кованен (Inray Oy Ltd, г. Лахти, Финляндия)

[paivi.menard@lahtispb.fi](mailto:paivi.menard@lahtispb.fi)

## РЕНТГЕНОСКАНИРОВАНИЕ В ОПТИМИЗАЦИИ ПИЛОВОЧНИКА UTILIZATION OF THE X-RAY SCANNING TECHNOLOGY AT THE LOG SORTING OPTIMIZATION

*X-ray scanning systems that are specially designed for saw mills have increased during the past ten years in Northern Europe. In the first phase pine (pinus sylvestris) saw mills started to invest to xray scanning system and currently there are also spruce (picea abies) saw mills that have started xray sorting. The automatic grading of the saw logs by x-ray system helps at the optimization of the various quality raw material and increases the sawing value yield. Normally all logs are x-ray scanned and graded but especially benefits can be achieved by finding an accurate sorting diameter, sorting of high quality butt logs, picking of correct logs to the finger joint production and sorting of logs for special products that has for example density and heartwood requirements.*

Древесина по своей природе является неоднородным материалом. Этим обуславливается необходимость сортировать пиловочное сырье, как и выпускаемую из него продукцию по реальным характеристикам, а не по классификационным параметрам. Для лесозаводов всегда было и остается крайне важным найти сырье нужного качества под конкретную продукцию и одновременно минимизировать выход пиломатериалов побочных сечений и сортов, реализацией которых нужно заниматься дополнительно (т.н. выпадающей номенклатуры). Не случайно прикладная наука занимается вопросами применения рентгеноскопии для определения характеристик пиловочной древесины с 1980-х годов, а уже к концу прошлого тысячелетия в Швеции появились первые промышленные образцы таких устройств.

Влажность круглых лесоматериалов, часть года находящихся в замороженном виде, неравномерность их сечения, а также необходимость быстрой сортировки больших объемов сырья, исключают применение других методов для достоверного обмера. Именно поэтому на многих лесозаводах в целях лучшей оптимизации пиловочного сырья внедряется относительно дорогое рентгеновское оборудование.

По данным автора в 2010 году в Финляндии эксплуатировалось 12 рентген-сканеров, еще с десятков – в Швеции, а также по одному в Эстонии и Латвии. В Северной Европе во всех современных комплексах сортировки пиловочника предусматривается место под установку рентген-сканера, хотя зачастую на первом этапе он не приобретается. Такие комплексы с возможностью установки рентген-сканера проектируются и для России.

Какие же предприятия приобретают рассматриваемые устройства? Достаточно большую группу предприятий, внедряющих автоматическую сортировку рентген-сканером, составляют лесозаводы, работающие с сосной (pinus sylvestris), что объясняется большой разницей в цене на сосновые пиломатериалы разного сечения и качества. Другая группа – это лесозаводы, специализирующиеся на еловой древесине (picea abies). Один сканер был приобретен для производства фанеры из березы (betula). Все

эти предприятия достаточно крупные, производительностью 200 – 500 тысяч кубометров готовых пиломатериалов в год при двусменной работе; большинство из них принадлежит известным скандинавским лесопромышленным корпорациям. Однако целесообразность установки рентген-сканера до сих пор диктовалась не столько большой производительностью, сколько обширной номенклатурой выпускаемых изделий и большим числом сорторазмеров пиловочника – количество сортировочных карманов-накопителей на этих предприятиях варьируется от 50 до 90. Поэтому было бы неверно утверждать, что рентген-сканеры приобретают предприятия, занятые массовым выпуском отдельных позиций товарной номенклатуры.

Широкая номенклатура выпускаемой продукции, дорогое сырье, быстро меняющаяся рыночная конъюнктура и требовательность заказчиков являются типичными условиями работы и для многих частных лесозаводов Северной Европы. Поэтому внедрения на них сортировки пиловочника с помощью рентгеноскопии следует ожидать в самом ближайшем будущем. Пока этот процесс тормозится сомнениями в радиологической безопасности оборудования, затруднениями в расчете эффективности инвестиционных вложений, сложной ситуацией на финансовых рынках в сочетании с необходимостью проведения первоочередных замещающих инвестиций. О том, что эту ситуацию все же удастся переломить, говорят результаты ряда исследований в области повышения производительности лесозаводов за счет более эффективной сортировки с помощью рентгенологических методов, опубликованные в последнее время, в частности Государственным техническим НИИ Финляндии (VTT) и рядом шведских университетов.

### **Технология**

Современные рентгеновские сканеры, используемые на лесозаводах, не имеют источников постоянного радиоактивного излучения – в них излучение генерируется преобразованием электроэнергии. Мощность и размеры излучателя определяются плотностью и геометрическими размерами сканируемых бревен. Чем плотнее древесина и крупнее бревно, тем более мощным должно быть излучение. Как правило, мощность излучателя варьируется от 2 до 5 кВт. Питается излучатель от генератора высокого напряжения до 250 кВ. Оптимальная интенсивность рентгеновского луча зависит от просвечиваемого материала, напряжения и силы тока, типа датчиков и скорости прохождения сканируемого материала. Датчики представляют собой рентгеночувствительные кремниевые пластины, которые способны фиксировать сотни строк в секунду. Этого достаточно для обеспечения сканирования на нормальной для сортировочной линии скорости 1,5-3,0 м/сек.

Рентгеновские лучи ослабевают внутри древесины соответственно ее внутреннему строению и на фиксируемом изображении четко проявляются граница между ядром и заболонью, сучки/группы сучков, годовые кольца, внутренние трещины, реакционная древесина, гниль и другие внутренние пороки. С помощью программного обеспечения из строк формируется черновое изображение всего бревна, которое тут же автоматически обрабатывается и сопровождается числовыми параметрами. Система в доли секунды рассчитывает характеристики бревна и выдает информацию по каждому бревну в виде кода.

## Примеры из практики

Большинство использующих рентгеноскопию лесозаводов работают главным образом с сосной. Из сосновых комлевых сортиментов хорошего качества получается самый лучший выход бессортных пиломатериалов US (лучшего качества "А"). Поскольку цена на такие пиломатериалы высока, точный отбор подходящего комлевого сырья и оптимизация поставка обеспечивает лесозаводу вполне ощутимую выгоду. Кроме того, в вершинных и срединных бревнах, между крупными сучками, также бывают бессучковые участки достаточной длины. Когда такие бревна распиливаются на обычные скандинавские сортименты пиломатериалов, то обычно получается более низкий сорт *seksta* (качество "С"). А если эти же бревна отбирать как сырье для сращиваемых на шип материалов, то это обеспечит предприятию существенный экономический выигрыш несмотря на более высокие, чем при обычной распиловке, производственные затраты. Отбор пиловочника для шипового сращивания предполагает его просвечивание, так как отбор по поверхностным признакам не дает желаемого результата.

Одним из важных преимуществ рентгеноскопии является возможность сортировать бревна по их диаметрам без учета коры. Обычно в северных странах для этих целей используются таблицы с поправочными коэффициентами на снег, лед и кору, которые являются приблизительными и введение которых зависит от операторов. Рентгеноскопия же позволяет точно определить диаметр под корой, который является ключевым параметром для пиления.

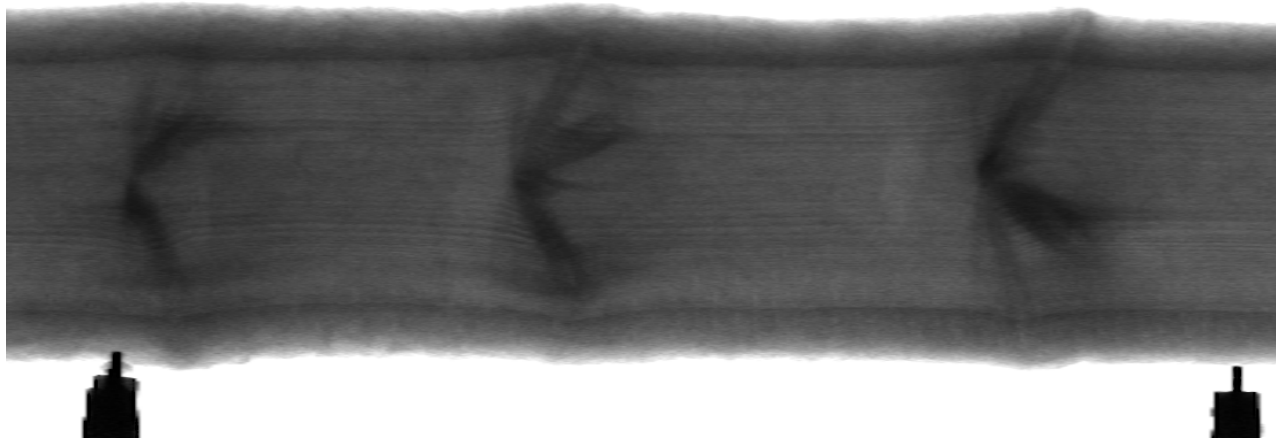


Рисунок – Масштабированное рентген-изображение срединного соснового бревна

В заключение можно констатировать, что непрекращающиеся поиски методов более эффективного использования пиловочного сырья, стоимость которого в годовом выражении составляет десятки миллионов евро, все более повышают интерес к рентгеносканированию.



## **Деревообработка в малоэтажном и индустриальном домостроении**

**Бурцев А.Г.**

(УралГАХА, г. Екатеринбург, РФ) [554412@rambler.ru](mailto:554412@rambler.ru)

### **КОНЦЕПЦИЯ МАЛОЭТАЖНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ ДЛЯ САМОДЕЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА** *LOW-RISE RESIDENTIAL BUILDING CONCEPTION FOR DIY-HOME- CONSTRUCTION*

*DIY-home-construction is a perspective market for building construction enterprises in Russia. The article considers the technology.*

Самодельное строительство, то есть реконструкция и возведение зданий и сооружений без участия профессиональных архитекторов, инженеров или строителей – широко распространенное явление в современном мире. В пригородах Екатеринбурга и малых населенных пунктах области число таких построек огромно (рис. 1). Представители строительной индустрии, государственных органов и архитекторы зачастую рассматривают его исключительно с негативной точки зрения, и тому, разумеется, есть объективные причины.



Рисунок 1 – Жилой дом по ул. Ленина в п. Билимбай Свердловской обл. (фото автора)

Прежде всего, это относительная недолговечность построек, созданных с нарушениями конструктивного и технологического характера. Еще одним аргументом против самодельного строительства в свое время стал откровенный тезис английского исследователя Тернера о «двойной занятости» человека, строящего свой дом таким образом [6]. Третья причина банальна – «самоделкины» отбирают хлеб и у производителя сложных строительных конструкций, и у строителя с архитектором, а косвенным образом и у государства, поскольку эта деятельность не облагается налогом.

В конце двадцатых годов XX века жители многих крупных городов нашей страны (Свердловска в том числе) были вовлечены в кооперативное строительство малоэтажного жилья при крупных предприятиях. Одним из таких районов города, в котором сохранились дома, возведенные таким образом – это поселок Семь Ключей, построенный сотрудниками железной дороги. Садовые товарищества, организация которых активно велась после Великой Отечественной войны, стали не только источником пропитания для миллионов граждан, но и «вторым жилищем», компенсировавшим негативные (коммунальные и социально-культурные) стороны жизни в крупном городе [2]. В условиях отсутствия частной собственности это жилище становилось местом, где человек мог реализовать свою потребность в самостоятельной организации индивидуального пространства. Эта деятельность подготовила бурный расцвет малоэтажного строительства в к XX – н. XXI вв. По данным Росстата за 2009–10-й годы в России до 40 % от общей площади жилых зданий было «построено населением» [10]. Ряд исследований [1, 3, 4, 5, 6, 7], проведенных в последние десятилетия в разных странах Европы и Америки, позволяет описать основные характеристики этого явления.

- Самодельное возведение собственного жилища чаще предпринимают домохозяйства с относительно невысоким доходом.

- В самодельных постройках реализуются упрощенные, схематические представления о красоте, бытующие в обществе. Со временем уникальный колорит сооружения усиливается, в нем проявляется индивидуальный характер деятельности конкретного человека [1].

- При сопоставлении данных по социальному и самодельному жилью оказывается, что люди охотнее мирятся с конструктивными и инженерными недостатками домов, построенных своими руками [4]. Среда, сформированная такими постройками, более разнообразна, в меньшей степени подвержена вандализму и в этом смысле благоприятствует социальной стабильности (рис. 2).



Рисунок 2 – Фрагмент застройки в д. Кунара и г. Невьянск Свердловской области (фото автора)

- Возведение самодельного жилья во всем мире происходит с различной степенью участия государства и кооперации будущих собственников [3, 6, 7]. В России это является частным делом отдельного домохозяйства и встречает ряд препятствий, в частности, на стадии землеотвода.

- Государственные программы помощи индивидуальным застройщикам (упрощенное согласование построек, проектирование, обучение, организация кооперативов)

всегда создавались как средство решения жилищных проблем в периоды экономического кризиса или послевоенного восстановления страны.

- Слабое участие государства в этом секторе домостроения в перспективе приводит к нарушению законодательства и созданию стихийных, не контролируемых поселений с массой проблемных явлений (неправильное оформление документов, самозахват земель, незаконное пользование энергетическими и другими ресурсами, сброс неочищенных канализационных стоков, стихийные свалки мусора и т.д.).

- В большинстве случаев самодельные здания построены из мелкоштучных материалов или бруса, исключающих необходимость в грузоподъемных механизмах.

- Самодельные постройки часто возводят из некондиционного товара и б/у конструкций, доступных малообеспеченным застройщикам. В одной постройке может сочетаться несколько конструктивных схем, поскольку самодельное возведение жилища занимает у домохозяйства 2 – 4 года и может вообще не иметь окончания [1].

- Все материалы максимально эффективно используются с учетом их модульных размеров для исключения дополнительной работы и отходов.

- Расчеты показывают, что, берясь за постройку дома исключительно силами домохозяйства, застройщик может сэкономить на управлении проектом и стоимости рабочей силы до 30% от стоимости дома [3, 6, 7].

- В регионах, где такой способ возведения жилья получает широкое распространение, это негативно сказывается на домостроительных предприятиях [5] (рис. 3).

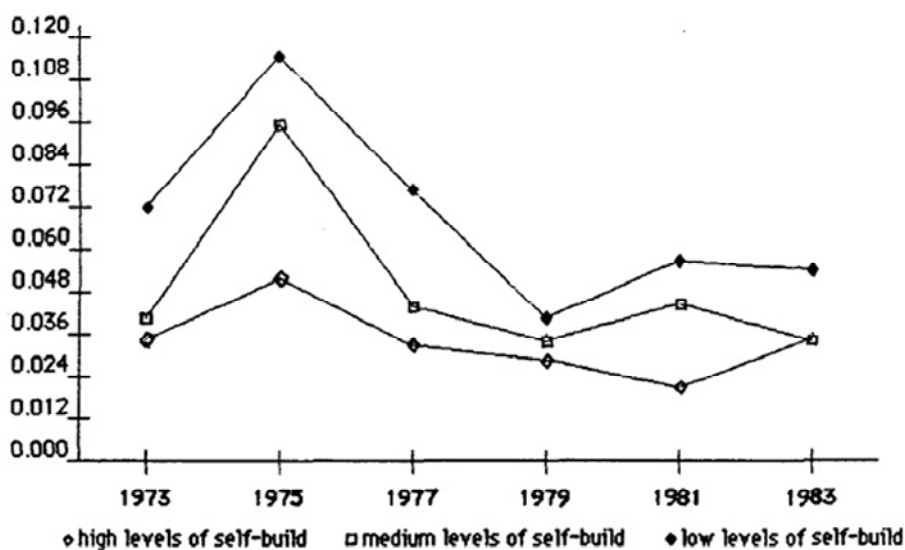


Рисунок 3 – Соотношение прибыли к стоимости постройки (за вычетом стоимости участка) у строительных предприятий в зависимости от регионального уровня самодельного строительства. Верхний график – низкий уровень самодельного строительства (регионы Онтарио, Манитоба, Альберта), средний – средний уровень (Британская Колумбия, Квебек, Саскачеван), нижний – высокий уровень (Атлантическая Канада) [5, с. 81].

Как показывает опыт других отраслей бизнеса, в кризисной экономической ситуации «наиболее действенным инструментом активизации инновационной деятельности становится формирование кооперационных связей, позволяющее на базе использования научно-технических достижений в разных сферах науки и техники создавать принципиально новую продукцию с большим коммерческим потенциалом» [10].



Рисунок 4 – Застройка района Энскеде в Стокгольме, современный вид

(источник иллюстрации:

[http://v1.cache5.c.bigcache.googleapis.com/static.panoramio.com/photos/original/18218262.jpg?redirect\\_counter=1](http://v1.cache5.c.bigcache.googleapis.com/static.panoramio.com/photos/original/18218262.jpg?redirect_counter=1)).

Одним из самых известных примеров взаимодействия государства, производителей строительных конструкций и кооперативов индивидуальных застройщиков является так называемая «стокгольмская схема волшебного дома». В начале XX века «Стокгольм выкупил значительные участки земли за своей чертой... В 1926 г. город начал осуществлять программу «самостроительства», предоставляя желающим строительные материалы, проекты и подробные инструкции к ним. Две трети стоимости строительства засчитывались индивидуальному застройщику в виде его работы, тогда как он оплачивал наличными менее трети... Таким именно образом было построено 3500 коттеджей, что, однако, не могло решить проблему в необходимом объеме» [11]. Программа подразумевала долгосрочные ссуды на строительство и покупку участков, использование элементов каркасных конструкций с высокой степенью заводской готовности. Одним из пригородов Стокгольма, застроенных таким образом, стал Энскеде (рис. 4). К концу 30-х годов XX века программа уже считалась классикой урбанизма. Она была принята во внимание в процессе восстановления жилого фонда Британии после Второй Мировой Войны, а также при решении жилищных проблем на северных территориях Канады [3].

В Финляндии практически сразу после окончания зимней войны с СССР в 1940 году была начата аналогичная программа жилищного строительства для 400000 мигрантов, ветеранов и солдатских вдов. Одним из крупных районов, застроенных по каркасной технологии, стал пригород Оулу Карджасилта, где было построено около 600 домов. В 1970-х в результате энергетического кризиса застройка района претерпела ряд модификаций – дома получили дополнительное наружное утепление, а часть была покрыта асбоцементными плитами. В 90-х и после 2000 г. часть обветшавших построек была снесена, но основная масса построек продолжает использоваться по прямому назначению, собственники расширяют и перестраивают их, чему во многом способствует каркасная основа зданий [9]. Таким образом, срок службы жилья, построенного по этой технологии, уже превышает 50 – 60 лет.

Сегодня таким застройщикам также оказывается государственная поддержка. Статистические данные британской налоговой службы HMRC указывают на то, что от 10000 до 12000 британских домохозяйств ежегодно обращаются к государству за нало-

говыми вычетами, полагающимися при самодельном возведении отдельно стоящего жилого дома [7]. Многочисленные домостроительные компании в Северной Америке (Redstone, AllPro, PMHI, Valubuild...) сегодня предлагают своим клиентам кроме услуг по проектированию и производству каркасно-панельного дома также и сопровождение процесса строительства с учетом возможности выбора различных подрядчиков и его самостоятельного возведения.

В России большинство компаний ограничиваются производством товара и оказанием строительных услуг. Специальные товары и услуги для «самодельного» сегмента рынка практически отсутствуют. Сайты лишь нескольких из более чем 30 организаций сферы деревянного домостроения Свердловской области отражают работу с этой группой застройщиков. Одной из таких организаций является холдинг ИНСИ, предприятия которого расположены и в Екатеринбурге. По панельной технологии, но с использованием металлического оцинкованного профиля, холдинг производит комплекты быстровозводимых домов, сборка которых рассчитана, в том числе, и на непрофессиональных строителей (рис. 5).



Рисунок 5 – Быстровозводимый дом производства компании ИНСИ (иллюстрации с сайта <http://www.insi.ru/edifice/opisanie/>)

Разработка концепции продукта для данного сегмента рынка должна вестись с учетом описанных выше характеристик стихийного самостроя, богатой мировой практики в этой области и перспектив развития общества в целом. Материалы и технологии, которые могут найти здесь применение, общеизвестны. Специфика концепции в том, что лишь наиболее ответственные элементы постройки возводятся профессионалами. Остальные элементы производятся в заводских условиях в расчете на максимально простой и быстрый монтаж непрофессиональными бригадами в 3-5 человек.

В связи с использованием облегченных вариантов конструкций малоэтажных домов, а также в целях экономии ресурсов представляется необходимым применять легковозводимые типы фундаментов (мелкозаглубленные, винтовые и т.п.). Все работы по проектированию и возведению фундаментов, платформы 1-го этажа, а также подземных инженерных сетей должны выполняться лицензированными организациями.

За основу конструкции стен и перекрытий дома берется так называемый «платформенный каркас». Несущие стены и перегородки выполняются из собранных в заводских условиях панелей, к которым на площадке добавляются элементы каркаса. Для облегчения веса панелей, облицованных с наружной стороны плитами ОСП, заполнение полостей целлюлозным утеплителем, устройство пароизоляции и внутренней об-



шивки происходит уже на площадке. Вес полой панели размером 2500 x 3750 – около 170 кг. (рис. 6).

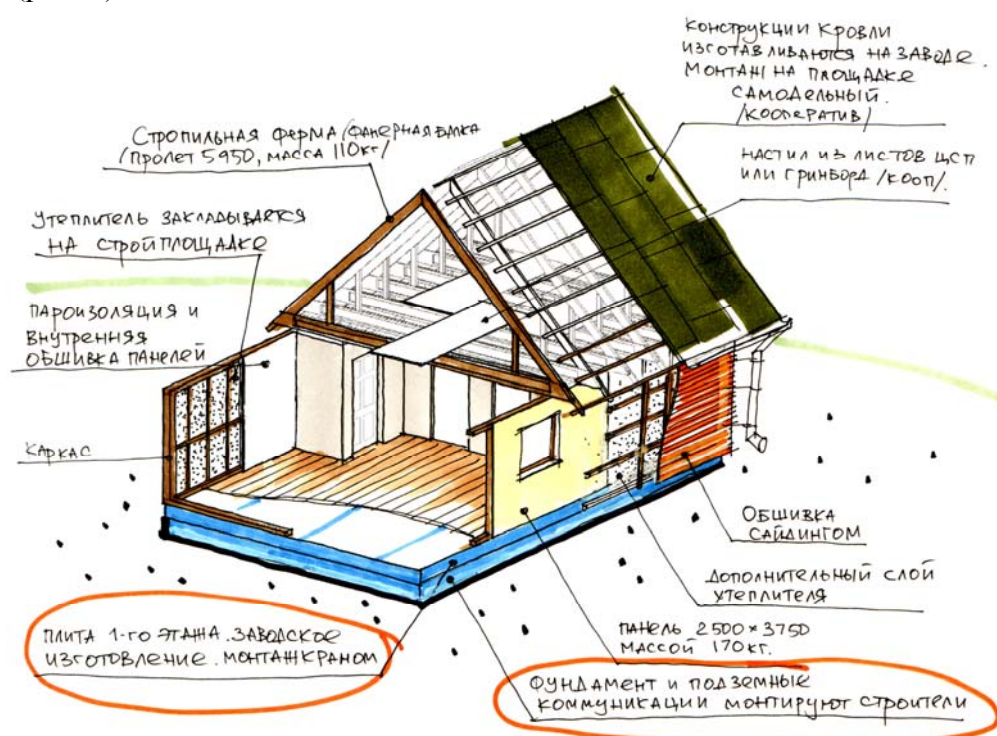


Рисунок 6 – Концептуальная схема дома для самодельного возведения. Участие строительных организаций ограничено наиболее ответственными элементами постройки.

Перекрытия над первым этажом здания предлагается выполнять на основе клееных или гнутых фанерных балок, одновременно являющихся нижним поясом стропильной фермы, стропила – из обрезной доски. Масса стропильной фермы для пролета 7200 – приблизительно 170 кг., для пролета 6000 – 110 кг., что позволяет осуществить быстрый монтаж при заданном размере бригады. Горизонтальная устойчивость конструкции в поперечном направлении достигается за счет обшивки и обрешетки стропильной фермы, которая хоть и ограничивает использование чердака под жилые помещения, но не создает распора на стены, собранные из отдельных панелей. Покрытие кровли и ее вентиляция, обрешетка, обшивка стропильных ног, устройство пароизоляции и другие работы производятся с использованием элементов заводского изготовления. Такая конструкция позволяет возводить кровлю в максимально короткие сроки, чтобы укрыть коробку дома от непогоды. Собранная в таком виде, она представляет конструктивно замкнутый контур, защищенный от прямого действия атмосферной влаги. Наружную и внутреннюю отделку стен дома каждый застройщик выбирает самостоятельно и осуществлять эти работы может, что называется, не торопясь.

Планировочное решение дома должно предполагать минимальную площадь наружных ограждающих конструкций. Это – замкнутый периметр при отсутствии внутренних углов и открытых непогоде горизонтальных ограждающих конструкций. Световые проемы в теплом контуре дома должны иметь минимально необходимые размеры для уменьшения теплопотерь.

В производстве таких жилых домов для минимизации транспортных расходов должны быть по возможности задействованы только местные ресурсы, поскольку транспортировка комплекта за пределы региона и присутствие представителей завода-изготовителя на площадке сопряжены со значительными расходами.

Описанная концепция производства таких комплектов для самодельного строительства будет жизнеспособна только в рамках партнерства государства, науки и бизнеса, поскольку требует создания механизмов долгосрочного кредитования на приобретение участков земли, строительных материалов, ведения образовательных программ для домохозяйств, решивших улучшить свои жилищные условия.

Создание эскизных и рабочих проектов таких домов представляется малоперспективным без проведения предварительных маркетинговых исследований. Точных статистических данных по самодельному строительству в России, которые должны стать основой политики предприятий, явно не достаточно. Требуются планомерные количественные исследования.

### Библиографический список

1. Бурцев А.Г. "Пограничная" архитектура России [Электронный ресурс] / А.Г.Бурцев //Архитекон: известия вузов. - 2009.- №28.- Режим доступа: [http://archvuz.ru/numbers/2009\\_4/01](http://archvuz.ru/numbers/2009_4/01).
2. Поморов С.Б. Второе жилище горожан компенсационного типа : дис. доктора архитектуры. – М., 2005, 450 с.
3. Harris R. "Slipping through the Cracks: The Origins of Aided Self-help Housing, 1918-53", Housing Studies, 1999, 14: 3, P. 281 – 309.
4. Tobeka Mehlomakulu, Lochner Marais «Dweller perceptions of public and self-built houses: some evidence from Mangaung (Bloemfontein)», Tydskrif vir Gesinsekologie en Verbruikerswetenskappe, 1999, Vol 27: No 2.
5. Rowe, Andy, «Self-help housing provision: Production, consumption, accumulation and policy in Atlantic Canada», Housing Studies, 1989, 4: 2, P. 75 – 91.
6. Dennis Conway, «Self-Help Housing, the Commodity nature of Housing and Amelioration of the Housing Deficit: Continuing the Turner-Burgess Debate», Antipode, 1982, 14:2, P. 40 – 46.
7. Brinkley M., «The UK Self Build Market». [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.homebuilding.co.uk/feature/mark-brinkley-uk-self-build-market>.
8. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики РФ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat/rosstatsite/main/enterprise/building/> (дата обращения 29 апреля 2011 г.)
9. Suikkari R., Reinikainen K., Soikkeli A., «Finland's reconstruction period neighbourhoods today – case Karjasilta, Architecture and urban planning», 2009, P. 135 – 142.
10. Федорова О.А., Анисимов Ю.П. «Особенности развития инновационного бизнеса в условиях кризиса», ИнВестРегион, 2009, №4, С. 44 – 46.
11. Глазычев В.Л. Урбанистика. М.: Издательство «Европа», 2008. – 220 с.

Курьянова Т.К., Платонов А.Д., Перегудов В.И., Мильцин А.Н.

(ВГЛТА, г. Воронеж, РФ) [vgltawood@yandex.ru](mailto:vgltawood@yandex.ru)

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СВЧ  
УСТАНОВОК МАЛОЙ МОЩНОСТИ ДЛЯ СУШКИ  
ОЦИЛИНДРОВАННЫХ БРЕВЕН**

**USING LOW POWER SHF EQUIPMENT FOR DRYING ROUND LOGS**

*Using low power SHF equipment (2450 MHz) for drying round logs is discussed in the article.*

В настоящее время на рынке деревянного домостроения представлено множество технологий, одной из которых является строительство деревянного дома из оцилиндрованного бревна или бруса. Для деревянного домостроения, очень актуальна сушка оцилиндрованных бревен и брусьев больших сечений. Поиски перспективных способов сушки приводятся как у нас в стране, так и за рубежом. Цель этих поисков – снижение энергозатрат на сушку 1 м<sup>3</sup> древесины, сокращение срока сушки и сохранение высокого качества древесины.

При строительстве домов из оцилиндрованных бревен в настоящее время до 95% бревен сушатся естественным способом на открытом воздухе (атмосферная сушка). Процесс сушки в атмосферных условиях продолжается от 1 до 2 лет, но избежать трещин при этом способе не удается.

Использование наиболее распространенной конвективной сушки бревен и брусьев в сушильных камерах значительно сокращает продолжительность процесса, но при этом так же не удастся избежать образования трещин и ухудшения внешнего вида материала.

Обычно передача тепла осуществляется за счет конвекции, теплопроводности и излучения. Отсюда неизбежен температурный градиент (перепад) от поверхности в глубину материала, причем тем больший, чем меньше теплопроводность. Уменьшить или почти устранить большой градиент температур можно за счет увеличения времени обработки. Во многих случаях только за счет медленного нагрева удастся избежать перегрева поверхностных слоев обрабатываемого материала. С помощью СВЧ энергии можно не только равномерно нагревать диэлектрик по его объему, но и получать по желанию любое заданное распределение температур. Поэтому при СВЧ нагреве открываются возможности многократного ускорения ряда технологических процессов (Торговнигов, Г.И. СВЧ-нагрев в технологии древесных материалов. – М.: ВНИПИЭМ-леспром, 1988. - Вып. 10. - 42 с.).

Конструктивно СВЧ сушильные камеры комплектуются с одним СВЧ источником или с несколькими СВЧ источниками. Если в первом варианте применяются мощные промышленные магнетроны с рабочей частотой 433 и 915 МГц, с мощностью 25-100 кВт, то во втором варианте в качестве источника СВЧ энергии используются мало-мощные магнетроны от бытовых СВЧ печей, работающие на частоте 2450 МГц с мощностью 0,6-0,8 кВт.



Пожалуй, самым веским аргументом неэффективности применения СВЧ магнетронов работающих на частоте 2450 МГц является малая глубина проникновения электромагнитных волн в древесину 12,6 см. Для сравнения - при частоте 915 МГц и 433 МГц глубина проникновения равна соответственно 35 см и 70 см. На основании чего делается заключение об их полной непригодности.

Однако при сушке оцилиндрованных бревен, большое влияние на качество высушенного материала оказывает сама древесина. Зачастую исследователи не в полной мере учитывают особенности анизотропного строения древесины, особенности усушки бревен. И в этом аспекте, когда требуется индивидуальный подход к каждому высушиваемому бревну, применение магнетронов малой мощности может иметь определенные преимущества. К другим несомненным достоинствам этих магнетронов является возможность работы от двухфазной сети 220 V, малая стоимость, ремонтоспособность.

Для установления возможности применения СВЧ магнетронов с рабочей частотой 2450 МГц для сушки оцилиндрованных брёвен были проведены экспериментальные исследования. Свежесрубленные деревья сосны с начальной влажностью 116-120 % были оцилиндрованы диаметром 12-16 см.

Одной из задач эксперимента было исследование характера распределения влажности полей в материале в зависимости от степени проникновения СВЧ волн в древесину.

На рис. 1 представлены результаты опытной сушки оцилиндрованного бревна диаметром 14 см при поддержании температуры 125 °С в центре бревна, в течение 14 часов, на оси магнетрона и при отклонении на 250 мм (рис. 2).

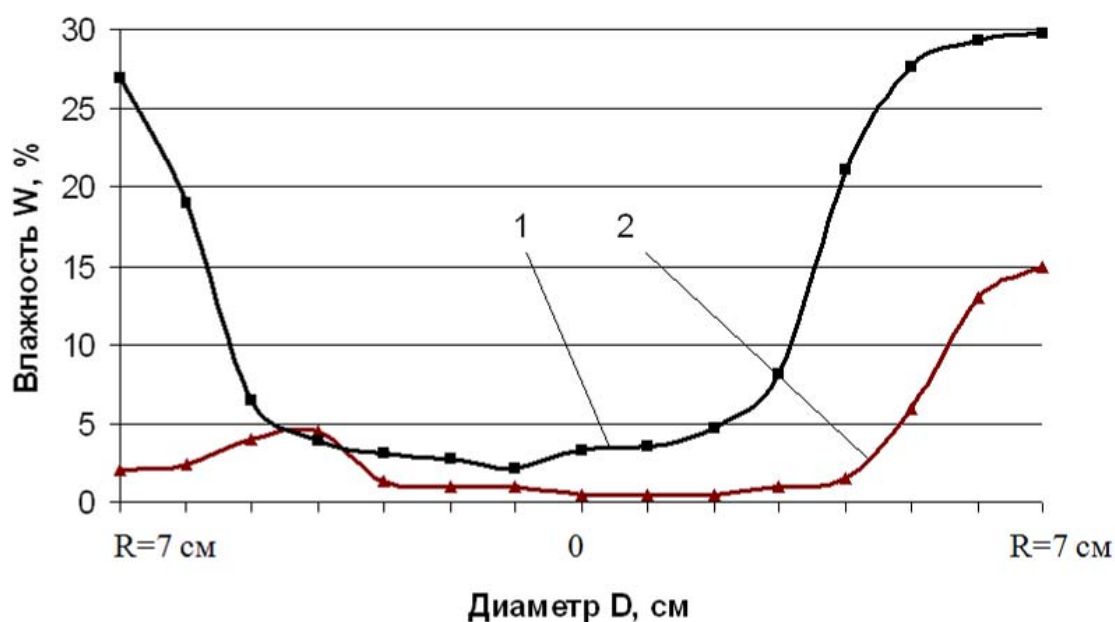


Рисунок 1 – Распределение влажности по радиусу бревна при одностороннем нагреве:  
1 – по оси магнетрона; 2 – на расстоянии 250 мм от оси магнетрона

Полученные результаты подтверждают возможность эффективного проникновения СВЧ энергии в древесину на глубину 11-12 см при использовании магнетронов работающих на частоте 2450 МГц (кривая 2 рис. 1). При смещении от оси магнетрона на 250 мм эффективность распространения СВЧ энергии по радиусу бревна снижается.

Это хорошо видно на примере распределения влажности по радиусу бревна (кривая 1 рис. 1).

Общий вид кривой 1 свидетельствует о наличии положительного градиента температуры в материале. Во внутренней части бревна аккумулируется большая часть выделяемого тепла. Причем её распределение по длине бревна имеет относительно равномерный характер. Об этом свидетельствует и примерно одинаковая величина влажности во внутренней части бревна независимо от оси излучения магнетрона на рассматриваемом участке. Тем не менее, при удалении от оси излучения магнетрона происходит заметное снижение интенсивности поглощения тепла поверхностью материала, о чем свидетельствует характер кривой 1 рис. 1.

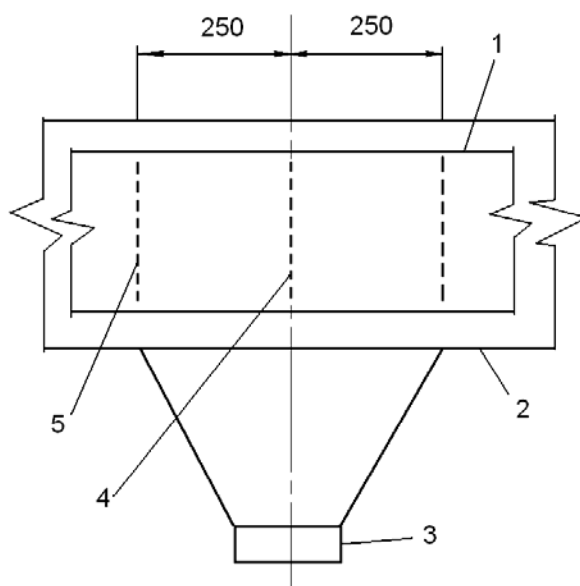


Рисунок 2 – Схема расположения оцилиндрованного бревна и магнетрона: 1 – оцилиндрованное бревно; 2 – ограждение сушильной установки; 3 – магнетрон; 4 – зона измерения влажности на оси магнетрона; 5 – зона измерения влажности при отклонении от оси магнетрона

Таким образом, результаты экспериментов показали принципиальную возможность применения СВЧ магнетронов малой мощности работающих на частоте 2450 МГц даже при одностороннем нагреве оцилиндрованных строительных бревен диаметром до 12-14 см.

Однако, в деревянном домостроении указанный диаметр бревен применяется для межкомнатных перегородок. Наружные стены строений изготавливают из бревен диаметром 22-24 см. Для равномерного нагрева бревен большего диаметра необходимо обеспечить равномерный нагрев по всему сечению. Этого можно достичь периодическим поворачиванием бревен в процессе сушки. Что и было осуществлено во второй серии экспериментов. Для уменьшения перепада влажности по сечению бревна была уменьшена температура нагрева его до 90 °С. Это позволило существенно уменьшить аккумуляцию тепла в центральной части бревна. Опыты проводились на бревнах диаметром 16-17 см. Результаты второй серии экспериментов представлены на рис. 3.

Анализ кривых распределения влаги по радиусу бревна показывает, что в результате периодического вращения бревна удалось достичь более равномерного распределения тепла в материале. Наибольший положительный эффект от вращения отме-

чается на некотором удалении от оси магнетрона. Здесь величина перепада влажности уменьшилась почти в два раза.

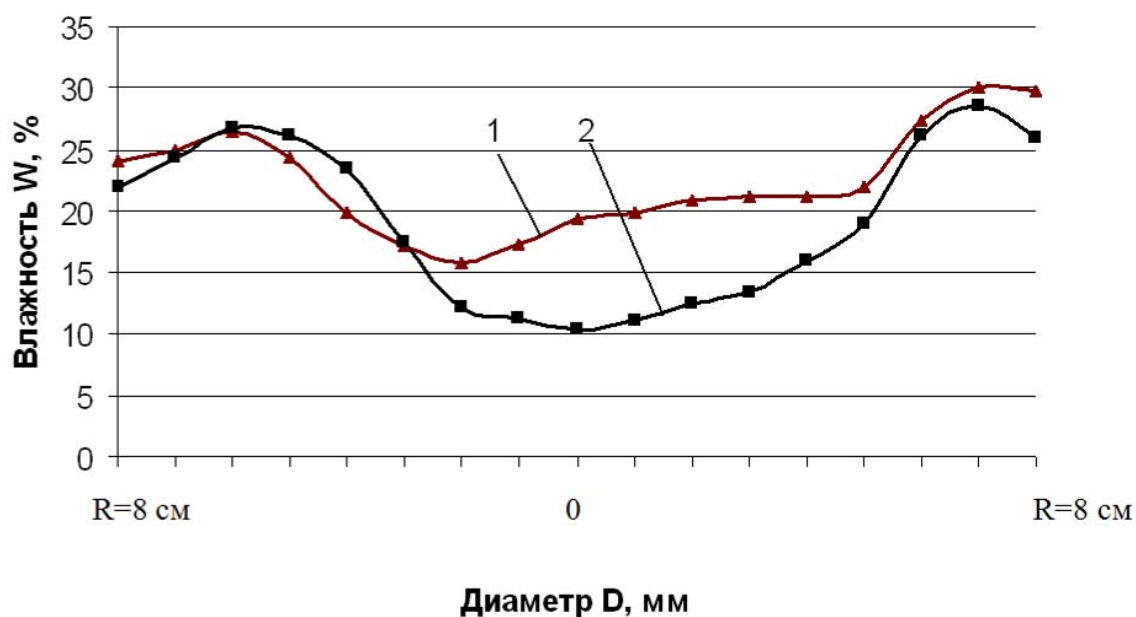


Рисунок 3 – Распределение влажности по радиусу бревна при равномерном нагреве (вращении бревна): 1 – по оси магнетрона; 2 – на расстоянии 250 мм от оси магнетрона

Снижение температуры в центральной части бревна позволило исключить пересушивание внутренней части бревна, по сравнению с первой серией экспериментов. Средняя конечная влажность бревен соответствовала 18-20 % влажности.

Как отмечает ряд исследователей, из-за конструктивных недоработок возможны локальные перегревы высушиваемого материала и возгорание древесины даже при малых удельных мощностях. Падающая на древесину СВЧ-волна не только поглощается древесиной, но и образует поверхностные волны. Они распространяются как вдоль материала, так и вдоль прокладок, что приводит к концентрации СВЧ-энергии в определенных точках сушильного пространства и перегреву древесины. По этой причине невозможно поднять удельную мощность до расчетного уровня, что приводит к увеличению срока сушки древесины и, соответственно, к увеличению затрат энергии на сушку.

Это явление возможно при статичном положении высушиваемого материала. Периодическое вращение бревна в процессе сушки позволяет существенно уменьшить негативное влияние упрощенной конструкции сушильной установки на распространение СВЧ энергии в сушильной установке. По всей длине высушиваемых бревен не было отмечено участков с резким локальным перегревом материала.

Как показали результаты экспериментов, при сушке оцилиндрованных бревен диаметром до 24 см могут быть применены магнетроны малой мощности, работающие на частоте 2450 МГц при определенной их компоновке в конструкции сушильной установки.

Левинская Г.Н., Левинский Ю.Б.

(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ) [gall-lev@yandex.ru](mailto:gall-lev@yandex.ru)

## РАЦИОНАЛЬНОЕ И КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДРЕВЕСИНЫ В СОВРЕМЕННОМ ДОМОСТРОЕНИИ *SUSTAINABLE USING WOOD IN MODERN HOUSE BUILDING*

*Sustainable using wood in house building enterprises is considered in this article. Relation between sawn timber output and wood species, quality of raw materials and required product quality.*

Индустриальное производство деревянных домов основывается на технологии комплексной переработки древесного сырья. Технологические задания для различных участков производства составляются в зависимости от действующих нормативно-технических требований к качеству и параметрам продукции (заготовкам, полуфабрикатам и т.д.), фактического состояния сырья и планируемых объемов выпуска изделий. В состав комплексного домостроительного предприятия входят традиционные подразделения деревообработки – от сортировки и раскроя пиловочника до производства сборно-клееных конструкций и столярно-строительных изделий. По таким схемам организованы наиболее крупные предприятия. Они оснащены оборудованием зарубежных фирм Makron, Oikos, Homag, Hundegger и др. Достаточно сложная организационная структура комплексного предприятия затрудняет оптимизацию распределения древесного сырья по видам производств, хотя общий коэффициент использования древесины оказывается очень высоким. Поэтому многие предприятия предпочитают ограничиваться весьма малым, а, именно, выпуском домокомплекта одного типа. Сырьем в таком случае являются полуфабрикаты и заготовки, поступающие от других производителей. В результате стоимость продукции повышается, а перспективы технологического совершенствования оказываются минимальными. Чтобы повысить эффективность производства необходимо, прежде всего, систематизировать и согласовать между собой технические требования к сырью, заготовкам, полуфабрикатам и продукции домостроительного предприятия.

В рамках данной статьи предлагаются к обсуждению результаты исследований по оценке выхода пиломатериалов и заготовок из различного сырья с учетом действующих нормативно-технических требований к продукции и организации специализированного производства деревянных домов. Наибольшую проблему представляет подбор пиломатериалов для изготовления конструкций и конструктивных элементов. Традиционная сортировка досок по совокупности пороков и дефектов оказывается неэффективной. Она не обеспечивает рационального распределения ресурсов и выпуска конструкций, оптимальных по размерам и составу. При выпуске клееных балок, панелей и других видов подобных изделий требуется, например, также учитывать направление волокон древесины и характер их перерезания при распиловке сортиментов. Эти особенности структуры древесины влияют на величину внутренних напряжений в клеевых соединениях и формустойчивость изделий в целом [1].

В связи с применением технологии сращивания досок и заготовок по длине на зубчатые шипы приоритетным становится предварительное распределение пиломатериалов по их состоянию и структуре, а не по порокам и дефектам. Зарубежный опыт нормирования качества конструкционных пиломатериалов показывает, что наиболее значимыми факторами являются следующие [2]:

- ✓ соотношения между размерами сучков различных видов и параметрами сечения пиломатериалов (основные сорта А, В и С по четырем группам толщин досок);
- ✓ способы распиловки бревен и признаки структуры древесины на пиломатериалах по видам срезов (тангенциальный, радиальный);
- ✓ прочность строительных пиломатериалов по кодам механической классификации (MT18, MT24, MT30 и MT40).

На отечественных предприятиях не существует такой детализированной системы нормирования качества заготовок строительного назначения. Поэтому на первом этапе разработки требований к конструкционным пиломатериалам можно выделить следующие условия и признаки квалификации:

- ✓ заявленные условия эксплуатации изделий;
- ✓ распределение пороков и дефектов в лесоматериалах и продукции, получаемой из них;
- ✓ конструктивно-технологические параметры и физико-механические свойства изделий из древесины (табл. 1);
- ✓ характер распределения и объемная доля бездефектной зоны древесины в пиломатериалах (рис. 2);
- ✓ технические требования к заготовкам и конструкциям, например, клееным балкам, брусам, щитам и другим изделиям.

Таблица 1 – Приоритетные показатели нормирования качества древесины [2, 3]

Наименование показателей качества и сортообразующих признаков	Учет показателя в системе нормирования качества		
	Конструкционных ПМ (СН и П II-25-80 )	ГОСТ 11047	RT21-10750-ru
Прочность:			
- при изгибе	+	нет	+
- при сжатии	+	нет	нет
- при растяжении	+	нет	нет
Модуль упругости	нет	нет	+
Плотность	нет	нет	+
Сучки:		+	
- пластевые	нет	+	+
- кромочные	нет	+	+
- прочие, в т.ч. загнившие	нет	+	+
Ширина годичных слоев	+	нет	нет
Дефекты формы	+	+	нет
Трещины	+	+	нет
Гнили	+	+	+
Наклон волокон	+	нет	нет

Основываясь на таких методологических подходах к проблеме, можно устанавливать рациональные схемы раскроя пиловочника под конкретную продукцию, объемы эффективного сращивания пиломатериалов по длине, параметры и условия комплектации заготовок по составу пакетов для склеивания, а также производить отбор материалов по влажности, размерам и группам прочности.

Серия международных стандартов [1] предписывает проводить оценку качества пиломатериалов по конструкционным свойствам. Для этого определяют плотность или прочность древесины, параметры естественных пороков, влияние которых на механические показатели пиломатериалов установлено экспериментальными исследованиями. Потребительские свойства и технологические возможности конструкционной древесины имеют существенные особенности. Это находит отражение даже в нормировании показателей по СН и П11-25-80, СТО 36554501-002-2006, ГОСТ 11047 и RT 21-10750-ги.

Существует проблема согласованности систем нормирования качества или категорирования пиломатериалов, вырабатываемых на лесопильном предприятии. В настоящее время эта задача решается путем двойной или тройной сортировки и перераспределения исходных материалов в зависимости от их назначения. Поэтому было предложено [2] использовать разделение конструкционных заготовок на две категории (2К и 3К), в которых кроме норм ограничения сучков, трещин, наклона волокон, гнилей, обзола и покоробленности определены нормативы прочности при изгибе ( $R^H/R^{BP}$  : 24/33 и 16/22 МПа). Тем не менее, эти рекомендации до сих пор эффективно не используются. Если необходимо обеспечить наибольший объемный выход пиломатериалов заданной спецификации, то расчет проводится по типовым методикам составления поставок и планов раскроя. На примере выработки заготовок одной толщины (38мм) для клееного стенового бруса [3] их выход составляет не более 30-40 %. В поставках приняты две толщины досок - 25 и 38 мм. Заготовки имеют ширину 110, 150 и 220 мм, что соответствует требованиям по брусу. Для заготовок меньшей ширины выход рассчитывается, исходя из количества боковых досок, выпиливаемых за пределами контура бруса, получаемого в первом проходе (рис. 1). Ресурс пиломатериалов толщиной 25 мм составляет от 15 до 25% от общего выхода пиломатериалов.

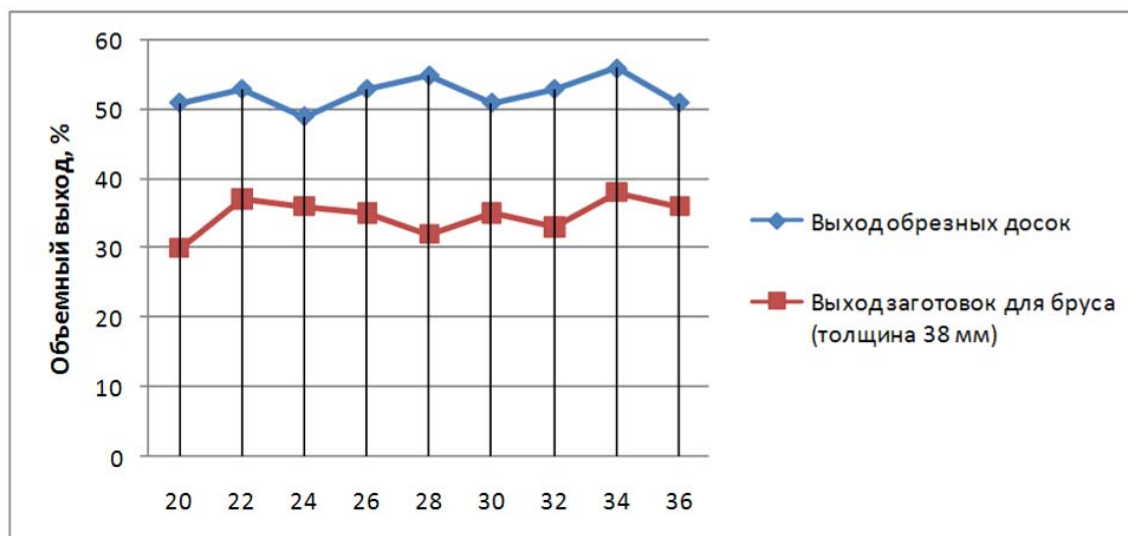


Рисунок 1 – Выход пиломатериалов в зависимости от спецификации заказа и диаметра бревен

После сортировки по категориям качества расчетный выход заготовок в зависимости от их назначения уменьшится на 7 – 20%. Для определения возможных потерь в этом случае могут быть использованы показатели выхода массы бездефектной древесины (рис. 2 и 3), полученные при обследовании пиломатериалов хвойных и лиственных пород [4].

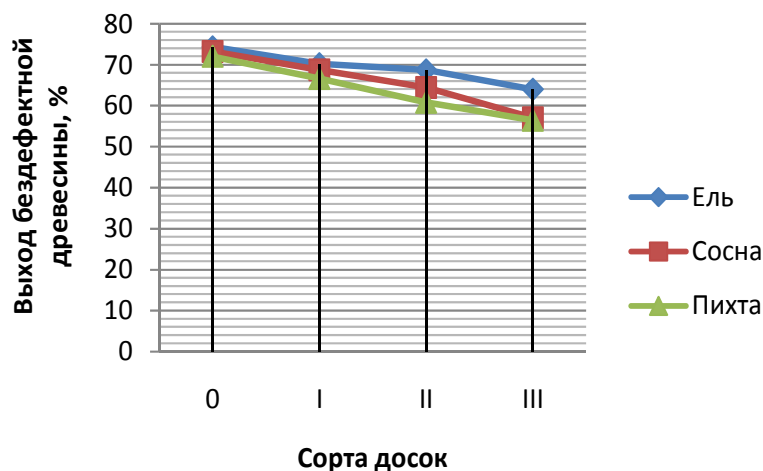


Рисунок 2 – Выход бездефектной массы древесины в зависимости от качества пиломатериалов

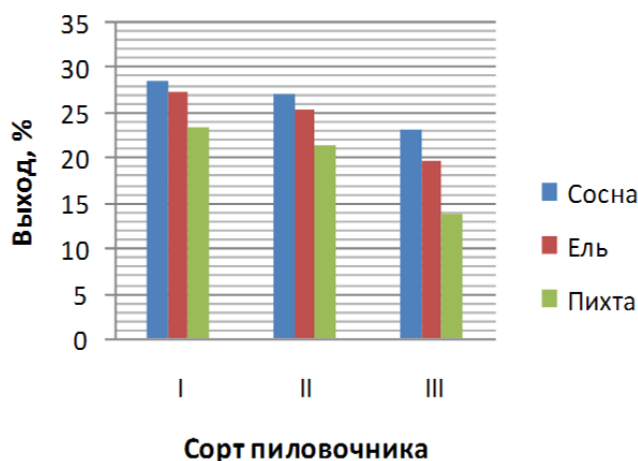


Рисунок 3 – Выход бездефектной массы (чистых отрезков) из древесины хвойных пород

В условиях реального производства необходимо провести выборочное обследование пиломатериалов, чтобы скорректировать искомые показатели по допускаемым в заготовках порокам и дефектам.

Данные, представленные на рис.3, позволяют планировать поставку пиломатериалов на линии сращивания в зависимости от качества сырья и заявленного объема выпуска бездефектных ламелей.

На лесоперерабатывающем предприятии в отдельную группу отбирают низкокачественное и тонкомерное пиловочное сырье. Оно также может быть эффективно использовано в конструкциях для домостроения [5]. На основе расчетно-аналитических методов оценки схем раскроя пиловочника малых диаметров [6] определены показатели выхода досок секторной и трапециевидальной форм сечений. Заготовки предназна-



ны для изготовления клееных щитов, пустотелого четырехсекторного бруса и сборно-клееных ламелей блочных конструкций (рис. 4).

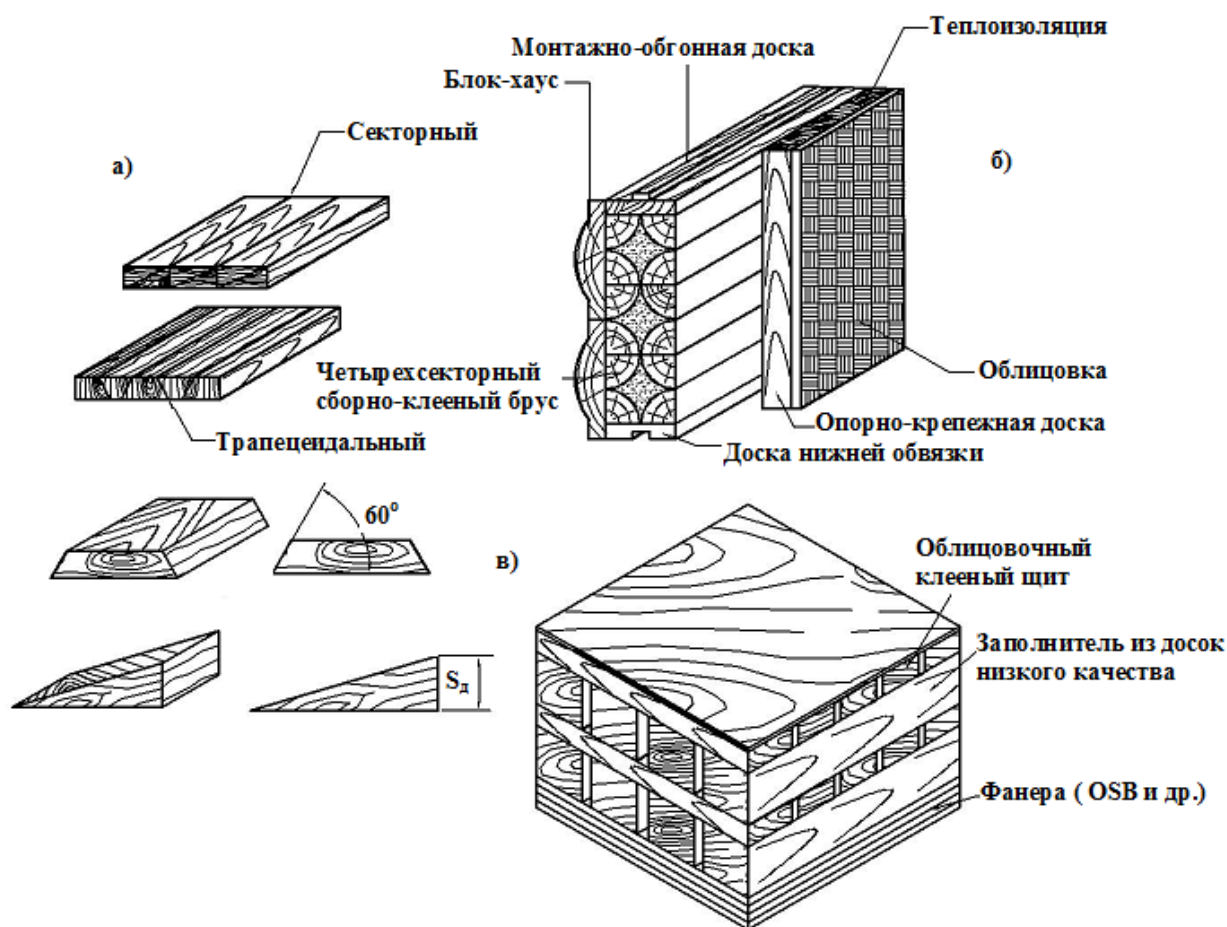


Рисунок 4 – Использование заготовок с непрямоугольной формой сечения в конструкциях строительных изделий: а) щиты клееные многоцелевого назначения; б) стеновой модуль для каркасно-панельных домов; в) панель МХМ (массив)

Для технических расчетов рекомендованы показатели выхода заготовок из бревен длиной 4м и диаметром от 12 до 18см (табл. 2).

Таблица 2 – Выход пиломатериалов из тонкого пиловочника

Тип и профиль пиленого элемента	Кол-во элементов в бревне	Диаметр бревен, см		
		12	14	18
	2*	50,9	59,6	79,9
	6	59,9/51**	--	65,6/76
	12	64,4/28	--	42,5/43

\* Толщина досок (S<sub>д</sub>) принимается максимально возможной при условии  $\alpha = 60^0$  и получении чистообрезной кромки по вершинному диаметру.

\*\* В числителе – объемный выход (в процентах), в знаменателе – толщина, мм.



## ВЫВОДЫ.

Планирование сортировки и раскроя сырья должно выполняться с учетом нормативно-технических требований к качеству и параметрам продукции строительного назначения.

В рамках программы комплексной переработки древесины на домостроительном предприятии следует устанавливать достаточно широкий ассортимент продукции конструкционного назначения.

Показатели выхода пиломатериалов и спецзаготовок, представленные в настоящей статье, могут быть использованы для расчетно-аналитических оценок потенциала сырьевого ресурса предприятия и планирования объемов выпуска продукции.

## Библиографический список

1. Нормативная карта RT 21-10750-ru. Пиленые и строганные лесоматериалы: Фонд строит. информ. Финляндия, Rakennustietosäätiö RTS, 2003.- 32с.
2. Ковальчук Л.М. Требования к древесине строительных конструкций и их обеспечение [Текст]/ Л.М. Ковальчук, И.Н. Бойтемирова, Г.Б. Успенская. - М.: ВНИ-ПИЭИлеспрот, 1989. - 44с.
3. Левинская Г.Н. Планирование распиловки древесины при получении заготовок для клееного стенового бруса [Текст]/ Г.Н. Левинская, Ю.Б. Левинский // Матер. 7-ой МНТК «Социально-экономические и экологические проблемы лесного комплекса в рамках концепции 2020 г.» - Екатеринбург: 2009. – С.11-15.
4. Левинская Г.Н. О возможностях замены древесины кедра в производстве карандашной дощечки [Текст] / Г.Н. Левинская, Ю.Б. Левинский, А.В.Дружинин.// Изв. вузов «Лесной журнал». 1996. - № 4-5. – С. 122-127.
5. Левинский Ю.Б. Рациональная переработка пиловочного сырья на заготовки для производства клееных материалов строительного назначения [Текст] / Ю.Б. Левинский, Г.Н. Левинская, Р.И. Агафонова, В.В. Савина. // Труды междуна. Евраз. симпозиума «Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века». - Екатеринбург.: 2006. – С. 53-56.
6. Левинский Ю.Б. Расчетно-аналитические методы раскроя тонкого пиловочника. [Текст]/ Ю.Б. Левинский, Г.Н. Левинская. // Изв. вузов «Лесной журнал». 2002. - № 3. – С. 57-61.

**Левинский Ю.Б., Царева Т.С. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)**

## **СТРОИТЕЛЬНАЯ ФАНЕРА С ЭЛЕМЕНТАМИ МОДИФИКАЦИИ ШПОНА И АРМИРОВАНИЯ ПАКЕТОВ CONSTRUCTING PLYWOOD ADVANCED WITH SPECIAL TREATED VENEER AND GLASS FIBRE**

*Constructing plywood can be considerably improved as a result of additional processing of special treated veneer and adding of special products. Updating of a surface by elastomers and reinforcing of multilayered packages by fiber glass are for this purpose used consolidation of an interline interval blooming hire. According to experimental researches*

*the following is established: durability increases by 25-40 %, the glue expense decreases in 1,5 times, the range of using of plywood in construction is extended.*

В строительстве в настоящее время используется значительное количество пиломатериалов. При их раскрое на заготовки образуется до 50 % отходов в виде коротких отрезков досок, реек и опилок. Во многих случаях более выгодным оказывается применение строительной фанеры (СФ). Она является эффективным универсальным конструкционным материалом и широко используется в панельно-каркасных конструкциях домов, в авто-, судо-, вагоностроении и т.п. Большие механические нагрузки, климатические воздействия и прочие «строительные» факторы приводят к утрате начальных значений показателей СФ в короткие сроки. Следовательно, в процессе производства необходимо обеспечить высокую прочность клеевых соединений, прочность при разных видах конструкционных нагружений, водо- и атмосферостойкость, огне- и биозащищённость и т.п.. Повышения качества фанеры можно добиться за счёт модификации шпона и клеев, а также в результате оптимизации состава пакетов по породам древесины и применения специальных материалов. В табл.1 приведены характеристики различных видов фанерной продукции и базовые физико-механические показатели, на которые следует ориентироваться при поиске эффективных методов и средств улучшения СФ.

Таблица 1 – Характеристика некоторых видов специальной фанеры

Наименование показателя	Значение показателей для фанеры марок						
	ФСФ <sub>х</sub>	ФСФ <sub>б</sub>	Бакелизированная		LVL	ОЗФ	Фанот-рен
			ФБС	ФБВ			
Предел прочности, МПа							
-при растяжении	54-60	56 -71	88-68	78,5	36,0	60-78	95,6
-при статическом изгибе							
вдоль волокон	55,5-72	65-71,4	78,5	63,5	48,0	91,0	126,4
-при скалывании	1,3-1,6	1,6-2,2	1,76	1,47	1,2-2,0	1,2-1,8	1,26
Плотность, кг/дм <sup>3</sup>	0,6-0,7	0,75	1,2	1,2	0,4-0,6	0,8-0,85	--

В последнее время увеличился спрос на древесину хвойных пород для производства фанеры. Чтобы исключить значительное удорожание СФ вследствие большого расхода высококачественного сырья и дефицитных клеевых материалов предложено использовать во внутренних слоях модифицированный осиновый шпон. Кроме этого, улучшить качественные и эксплуатационные показатели фанеры можно путем армирования пакетов. Использование стеклотканей в качестве арматуры позволяет повысить некоторые механические показатели изделий.

Как известно, прочность хвойной фанеры по показателю скалывания несколько ниже, чем березовой. Это обусловлено большой шероховатостью поверхности (до 320мкм) и структурной неоднородностью материала. Последнее ведет к появлению относительно глубоких и многочисленных микротрещин при лущении древесины. Исключить отрицательное влияние этих факторов традиционными технологическими методами практически не удастся, но данную проблему можно решить за счёт заполнения поверхностных микротрещин специальными модифицирующими продуктами. Для

этого необходимо обработать шпон эластомерами, полимерными клеями, а также уплотнить его прессованием и прокаткой. Как показали экспериментальные исследования, обеспечивается значительное повышение основных прочностных показателей и определенным образом изменяются упруго-пластические свойства клеевых соединений. Ожидается, что такой клееный материал будет оптимально совмещать в себе важные эксплуатационные свойства (шумо-, вибропоглощение, биозащищённость, водостойкость и др.) и найдет более широкое применение в строительстве.

На основе проведенного анализа и экспериментов, выполненных в УГЛТУ и ЗАО «Фанком», установлены некоторые возможности повышения качества СФ (табл. 2, 3, 4).

Таблица 2 – Составы исследуемых пакетов КСФ со стеклотканью

Состав пакета	Стекло- ткань	Порода древесины			Толщина пакета, мм	Расход клея, г/м <sup>2</sup>	Упрессов- ка, %
		сосна	осина				
			ε=0	ε=15			
с-о-с-о-с	тканевая	2,3	1,55	-	9,8	170	10,7
с-о <sub>y</sub> -с-о <sub>y</sub> -с	тканевая	2,4	-	1,1	8,6	97	9,3
с-о-с-о-с	волокна	2,2	1,55	-	9,22	157	10,9
с-о <sub>y</sub> -с-о <sub>y</sub> -с	волокна	2,4		1,0	8,65	155	12,8

Примечание: ε=0 и ε=15%-соответственно шпон осиновый без уплотнения и с уплотнением в 15% после прокатки.

Таблица 3 – Параметры комбинированной строительной фанеры со стеклотканью

Номер пакета	Состав пакета	Параметры фанеры			Предел прочности $\sigma_{скл}$ , МПа		
		Толщина, мм	Расход клея, г/м <sup>2</sup>	Упрессовка, %	Норма $\sigma_{скл}$	Разрушение по	
						древесине	слою
1	с-о-с-о-с	9,8	172	10,7	0,6	0,78	1,05
2	с-о <sub>y</sub> -с-о <sub>y</sub> -с	8,6	97	9,3	0,6	0,68	
3	с-о-с-о-с	9,22	157	10,9	0,6	---	
4	с-о <sub>y</sub> -с-о <sub>y</sub> -с	8,65	155	12,8	0,6	0,62	

Примечание: «с»-шпон из древесины сосны; «о»-осиновый; «о<sub>y</sub>»- осиновый уплотнённый; 1-2 стеклоткань тканевая марки Т-22-78 (толщина 0,53 мм); 3-4 стеклоткань волоконная марки Т-22-75 (толщина 0,68 мм).

Комбинированная фанера с армирующими слоями из стеклотканевых материалов будет иметь меньшую толщину при прочих равных показателях. Однако, в дальнейшем необходимо провести испытания такого продукта на прочность при изгибе, сжатии и растяжении.

Таблица 4 – Составы исследуемых пакетов КСФ<sub>р</sub> и характеристики использования компонентов

Номер пакета	Состав пакета	Толщина шпона при уп- лотнении ε %					Расход моди- фикатораМР- 1, г/м <sup>2</sup>	Толщи- на паке- та, мм	Упрес- совка, %
		сосно- вый		осиновый					
		0	15	0	15	25			
1	б-с <sub>р</sub> -с-с <sub>р</sub> -б	2,1	-	-	-	-	76	9,2	4,1
2	б-с <sub>р</sub> -с-с <sub>р</sub> -б	2,1	-	-	-	-	130	9,2	4,1
3	б-с <sub>р</sub> -с <sub>у</sub> -с <sub>р</sub> -б	2,2	1,7	-	-	-	76	8,8	5,4
4	б-с <sub>р</sub> -о-с <sub>р</sub> -б	2,2	-	1,5	-	-	70	8,75	2,5
5	б-с <sub>р</sub> -о <sub>у</sub> -с <sub>р</sub> -б	2,0	-	-	1,1		73	8,35	5,2
6	б-с <sub>р</sub> -о <sub>у</sub> -с <sub>р</sub> -б	2,0	-	-	-	0,9	73	8,31	5,2
7	б-с <sub>р</sub> -б-с <sub>р</sub> -б	3,0	-	-	-	-	69	9,85	3,8
8	б-с <sub>р</sub> -о <sub>у</sub> -с <sub>р</sub> -б	3,2	-	-	1,2	-	71	9,35	10,9
9	б-с <sub>р</sub> -о-с <sub>р</sub> -б	3,2	-	1,5	-	-	73	10,23	4,7

Примечание: «с» - шпон из древесины сосны; «б» - берёзовый толщиной 1,55мм; «о»-осиновый; «о<sub>у</sub>»- осиновый уплотнённый; «с<sub>р</sub>»- шпон сосновый с покрытием его поверхности модификатором на основе сырой резины (МР-1); Расход клея от 75 до 100 г/м<sup>2</sup>; Размеры пакетов: № 1-6 ... 400×400мм, № 7-9 .... 400×200мм;

Таблица 5 – Результаты лабораторных испытаний КСФ<sub>р</sub>

Показатели	Номер пакета								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Предел прочности при скалывании, МПа	$\frac{0,93}{1,0}$	$\frac{0,96^*}{1,0}$	$\frac{0,65}{1,0}$	$\frac{0,85}{0,6}$	$\frac{0,96^*}{0,6}$	$\frac{0,87^*}{0,6}$	$\frac{0,54}{1,0}$	$\frac{0,61^*}{0,6}$	$\frac{0,37}{0,6}$

Примечание: в числителе - экспериментальные значения; в знаменателе - нормативные значения; с «\*» - разрушение по древесине.

Предел прочности образцов КСФ<sub>р</sub> при статическом изгибе вдоль волокон составил для листов №8 и 9 соответственно 67,9/25 и 82,4/45 МПа.

В исследованиях ставилась задача не только оценки влияния способа обработки шпона на прочность склеивания, но также и задача уменьшения потребления клеевых материалов. В пакетах, где использовали резиновую смесь, упрессовка почти на 25% меньше. Это объясняется тем, что резина, являясь упругим материалом, обеспечивает полный контакт поверхностей при меньшем давлении на пакет. Расход клея при нанесении его на предварительно уплотнённый шпон уменьшается, так как повышается качество поверхности листов и возрастает плотность древесины.

Выводы:

Замена в многослойных пакетах СФ определённой части шпона из древесины хвойных пород осиновым или берёзовым обеспечивает:

✓ уменьшение расхода клея при использовании предварительного покрытия поверхности соснового шпона специальным резиносодержащим составом - от 25 % до 40%, а при включении в пакеты уплотнённого осинового до 57 %;

✓ общую упрессовку древесины в многослойном пакете при соотношении хвойного или осинового шпона 75:20 в пределах  $12 \pm 5$  % при использовании уплотнённого осинового шпона на 20-25 %;

✓ упрочнение СФ за счёт армирования стеклотканевыми материалами - от 25% до 40%;

✓ возможность более рационального использования ресурсов в фанерном производстве за счёт рационального перераспределения шпона по качеству и физико-механическим показателям древесины;

Включение в состав склеиваемых пакетов стеклотканевой арматуры обеспечивает повышение прочности, жёсткости, твёрдости фанеры.

Нанесение на шпон, полученный из древесины сосны, модификатора, содержащего в своем составе эластомер, снижает жесткость и хрупкость клеевых соединений, повышает стабильность прочностных показателей клеёного материала, а также уменьшает воздухо- и влагопроницаемость СФ.

#### Библиографический список

1. ГОСТ 9624-93. Древесина слоистая клеёная. Метод определения предела прочности при скалывании. Введ. 01.01.1995. М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 1994. 13 с.

2. ГОСТ 9620-94. Древесина слоистая клеёная. Отбор образцов. Требования при испытании. Введ. 01.01.96. М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 1995. 7 с.

3. ГОСТ 99-96. Шпон лущёный. Технические условия. Введ. 01.01.98. М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 2003. 23 с.

4. ГОСТ 9625-87. Древесина слоистая клеёная. Методы определения предела прочности и модуля упругости при статическом изгибе. Введ. 01.01.88. М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 1993. 9 с.

5. Ветошкин Ю.И. Конструкции и эксплуатационно-технологические особенности композиционных рентгенозащитных материалов на основе древесины. Монография / Ю.И. Ветошкин, И.В. Яцун, О.Н. Чернышёв; Урал. гос. лесотехн. ун-т. Екатеринбург: УГЛТУ, 2009. 148 с.

**Плохих В.И., Байшев Ю.П.**

(УГАХА, г. Екатеринбург, РФ) [tozis@yandex.ru](mailto:tozis@yandex.ru)

## **ЭФФЕКТИВНЫЕ КОНСТРУКЦИИ НА ОСНОВЕ ДРЕВЕСИНЫ ДЛЯ МАЛОЭТАЖНОЙ ЗАСТРОЙКИ**

## **HIGH-PERFORMANCE WOOD-BASED CONSTRUCTIVE ELEMENTS FOR LO-RISE RESIDENTIAL BUILDING**

*It is considered choosing high-performance wood-based constructive elements according to their profiles, materials, composite materials and their combination.*

Выбор и разработку новых эффективных конструктивных решений малоэтажных зданий целесообразно выполнять на основе системного подхода к поставленной многофакторной задаче (рис. 1).

Разделы основной концепции 3-Э (экологичности, энергоэффективности, экономичности) разработаны на основе исследований [1...4]. Экологическая эффективность материала оценивается по стадиям «жизненного цикла»: добыча сырья, производство, строительство, эксплуатация и утилизация строительного материала.

Существенными показателями экологичности, энергоэффективности и экономической эффективности являются первичные энергозатраты на добычу сырья и производство материала, приведенные в табл.1 .

Таблица 1 – Первичные энергозатраты на добычу сырья и производство строительных материалов

Вид материала	Первичные энергозатраты на добычу сырья и производство материала, кВт·ч/м <sup>3</sup>
Алюминий	7250
Полистирол	18900
Минеральная вата	10000
Цемент	1700
Древесноволокнистые плиты	800
Кирпич керамический	500
Газобетон	450
Известково-песчаный раствор	350
Древесные СМ	180
Природные растительные (из тростника, соломы, льна и др.)	9

Удельные затраты энергии на производство 1 т стали составляют 13400 кВт·ч, портландцемента – 2400 кВт·ч, кирпича – 1760 кВт·ч, гипсовых изделий не более – 1200 кВт·ч.

Таблица 2 – Сравнительные технико-экономические показатели производства утеплителей [5]

Материалы	Объемная масса, кг/м <sup>3</sup>	Толщина слоя при T=1см	Масса 1м <sup>2</sup> , кг	Стоимость, руб.	
				1м <sup>2</sup>	Слоя утеплителя при T=1
Минераловатные плиты на синтетических клеях	350	7	25	25,0	1,75
Пеностекло	400	12	48	40,0	4,80
Стекловолоконные плиты	200	5	10	30,0	1,50
Фибролит цементный	350	11	38	21,20	2,32
Древесноволокнистые плиты	200	6	12	25,0	1,50
Камышит	250	9	23	12,80	1,15
Ячеистые бетоны	400	10	40	9,0	0,90
Старит	260	9	23	16,0	1,41

Примечание: T - термическое сопротивление

## Электронный архив УГЛТУ

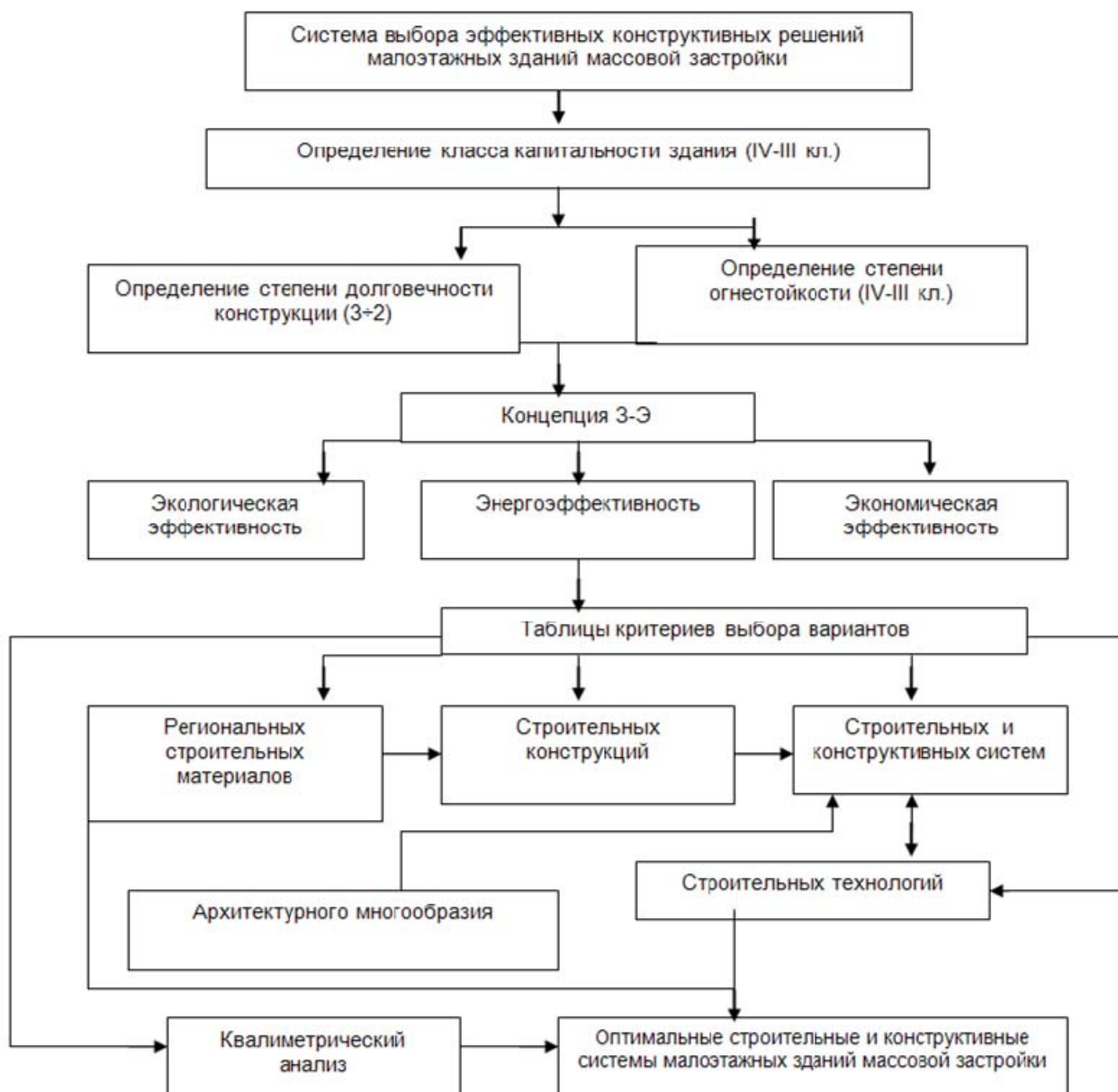


Рисунок 1 – Блок-схема выбора эффективных конструкций на основе древесины

Таблица 3 – Сравнительная стоимость  $1\text{ м}^2$  различных утеплителей [5]

Наименование утеплителя	Толщина слоя утеплителя, см	Стоимость $1\text{ м}^2$ утеплителя, руб.
Костромит	16	1,01
Керамзит	21	2,91
Минераловатные плиты	9	3,27
Фибролит	15	4,00
Пенобетон	14	3,84

В малоэтажном строительстве преимущественно применяются деревянные балки сплошного прямоугольного сечения.

Таблица 4 – Техничко-экономические показатели балок

Пролет, м	Расчетная нагрузка, кН/м	Размеры сечения, мм		Расход, м³/%		Масса, кг/%	Стоимость, руб./%
		Ширина	Высота	Древесины	Фанеры		
Деревянная балка постоянной высоты							
6	2	140	220	0,185/100	-	93/100	980/100
Балка составного сечения их двух фанерных швеллеров №30 (t=12)							
6	2	160	300	-	0,0606/33	42/46	839/86
Балка из фанерной трубы d <sub>о</sub> =300 (t=13)							
6	2	d <sub>о</sub> =300	d=326	0,018/10	0,0768/46	61/66	1158/118
Балка из фанерной трубы прямоугольного профиля 160×300×12							
6	2	160	300	-	0,0606/33	42/46	839/86

Таблица 5 – Расход основных материалов на клееные деревянные балки [7]

Пролет, м	Расчетная нагрузка, кН/м	Размеры сечения, мм		Расход,		Масса, кг/%
		Ширина	Высота	Древесина, м³/%	Фанера, кг/%	
Балка прямоугольного сечения постоянной высоты						
6	6	120	365	0,26/100	2/100	135/100
Балка двутаврового сечения с волнистой фанерной стенкой						
6	6	140	480	0,109/0,024 (фанеры) V <sub>о</sub> =0,133/51	0,5/25	80/59

Таблица 6 – Расход материалов на стойки

Размеры сечения, мм	Высота стойки, мм	Расчетная нагруз- ка, кН/м	Расход древесины, м <sup>3</sup> /%	Масса, кг/%
Стойка из бруса				
150×150	3000	181/100	0,0675/100	34/100
Стойка из фанерной трубы				
d <sub>в</sub> =250 d <sub>н</sub> =276	3000	246/136	0,0361/53	25,3/74

Для сокращения расхода древесины и снижения массы изделия необходимо внедрять эффективные виды балок (рис. 2...6)



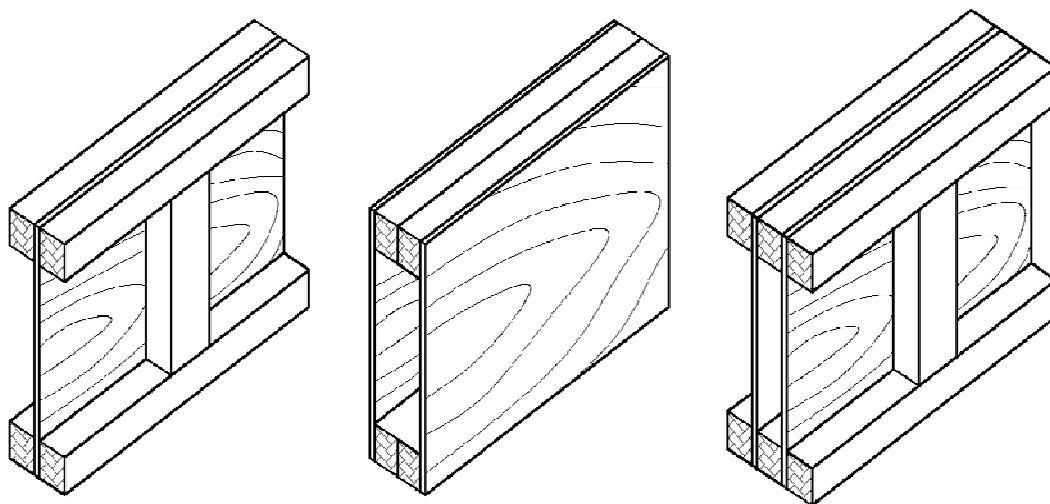


Рисунок 2 – Виды клефанерных сечений балок с плоскими стенками:  
1 – двутавровое, 2 – коробчатое, 3 – двутаврово-коробчатое

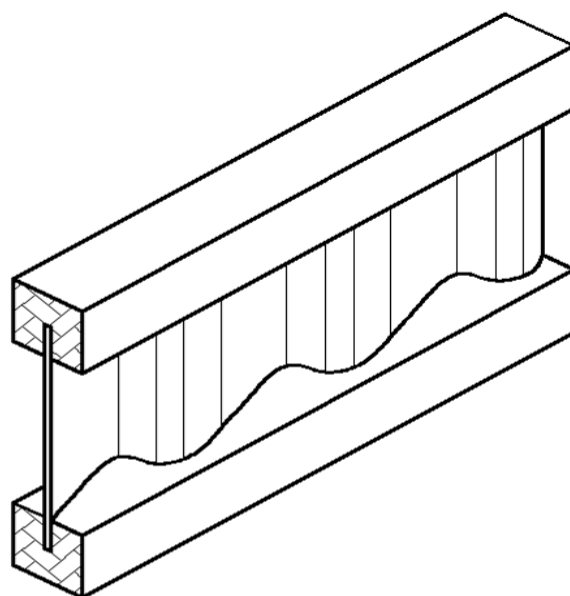


Рисунок 3 – Клефанерная балка с волнистой фанерной стенкой

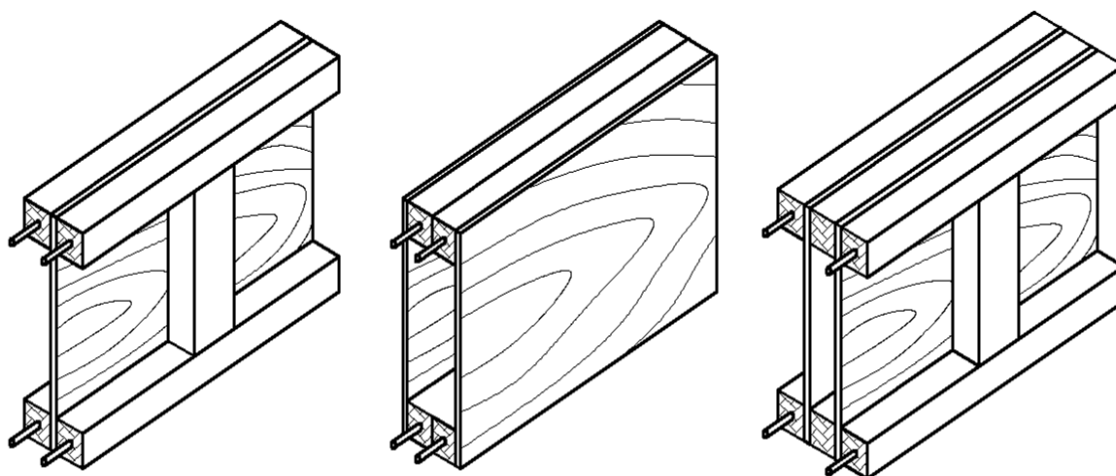


Рисунок 4 – Виды армированных сечений балок

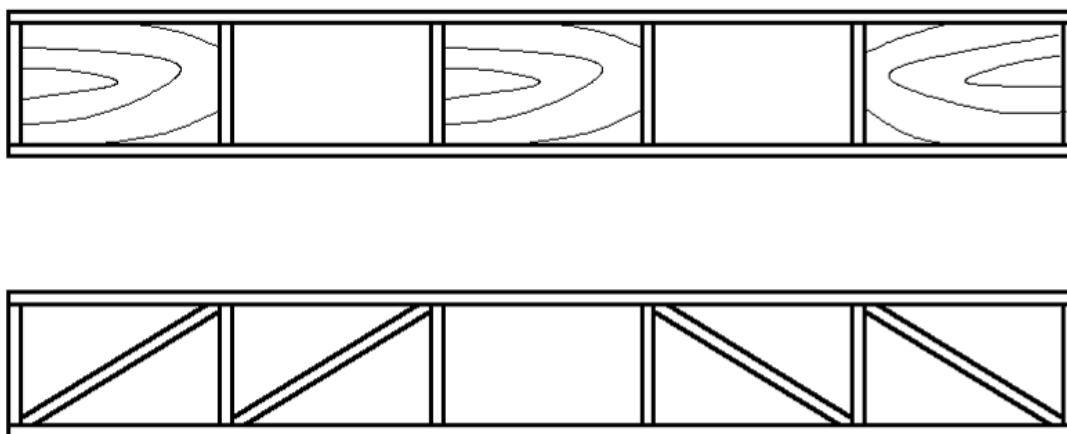


Рисунок 5 – Клееные балки:

1 – балка с прерывистой фанерной стенкой; 2 – решетчатая балка

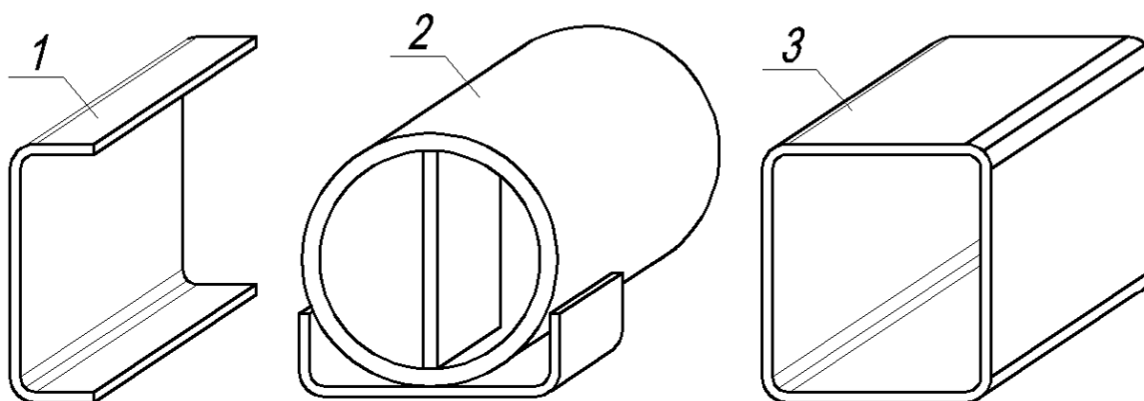


Рисунок 6 – Цельнофанерные балки:

1 – из швеллера; 2 – из трубы круглого профиля; 3 – из трубы прямоугольного профиля

Из сравнения показателей балок (таблицы 4 и 5) следует, что наиболее эффективными являются фанерные балки из швеллеров и труб прямоугольного профиля, предложенные авторами.

Применение фанерных швеллеров в плитах перекрытий (рис.7) позволяет снизить расход древесины на 30%, уменьшить массу на 20 - 22% по сравнению с плитами на деревянном каркасе. В плитах также могут применяться армированные продольные деревянные ребра. Армирование балок снижает расход древесины на 30 - 40%.

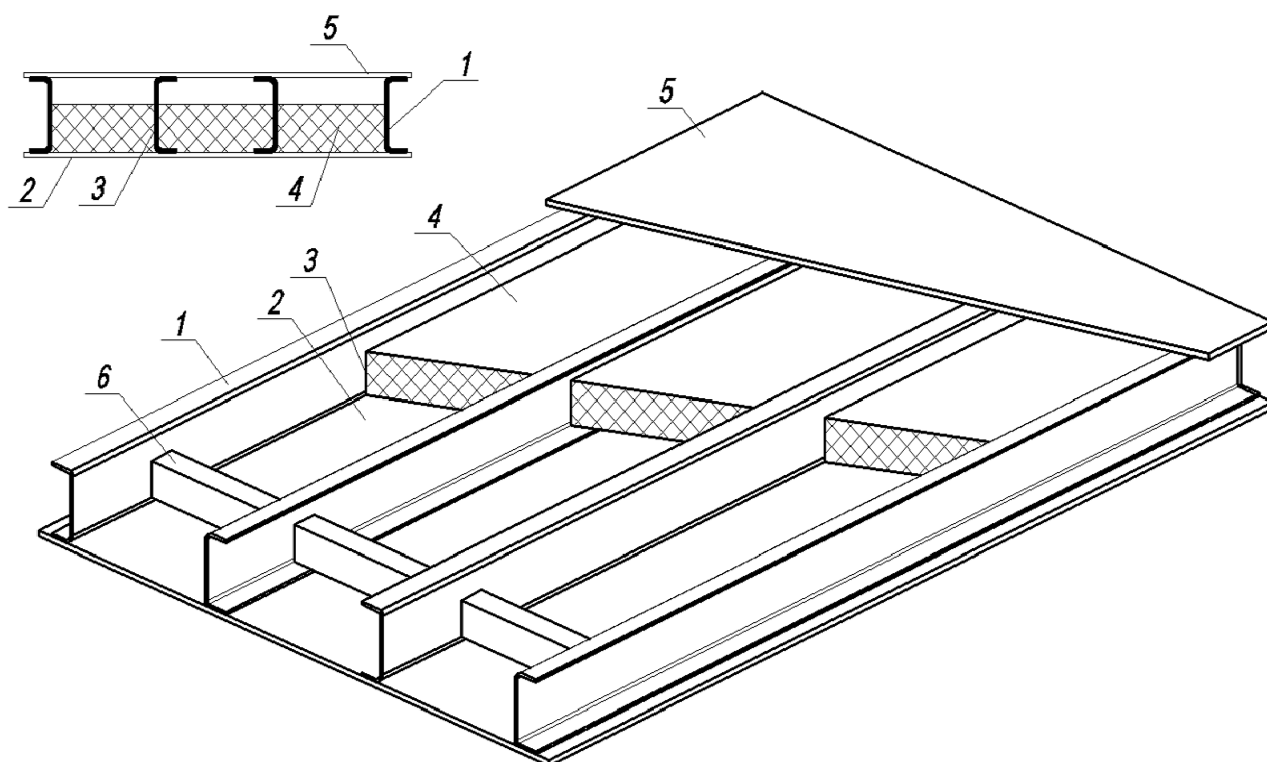


Рисунок 7 – Трехслойная плита перекрытия с увеличенной огнестойкостью: 1 – фанерный швеллер; 2 – гипсокартонный лист (ГКЛ); 3 – древесноволокнистая плита; 4 – фибролитовая плита Ф-300 (или пеногипсоволокнистый утеплитель D150 в оболочке из нетканого полотна); 5 – цементностружечная плита; 6 – ребро

#### Выводы:

1. Предложена система выбора эффективных конструкций на основе древесины.
2. Обосновано применение элементов, эффективных по сечениям, материалам и их сочетаниям.
3. Данную схему выбора балок и плит можно применить к конструктивным и строительным системам малоэтажных зданий массовой застройки.

#### Библиографический список

1. Князева В.П. Экологические аспекты выбора материалов в архитектурном проектировании. Учеб. пособие. – М., 2006, 294с.
2. Гипс в малоэтажном строительстве /Под общей редакцией А.В. Ферронской/. – М., 2008, 239с.
3. Малоэтажное жилищное строительство/Под общей редакцией А.Н. Асаула/ - СПб., 2005, 563с.
4. Габриель И., Лабенер Х. Реконструкция зданий по стандартам энергоэффективного дома. СПб., 2011, 470с.
5. Нехорошев А.В., Земцов Д.Г. Новые виды строительных материалов и конструкций в сельском строительстве. – М, 1974, 199с.
6. Шмидт А.Б., Дмитриев П.А. Атлас строительных конструкций из клееной древесины и водостойкой фанеры. – М.2002, 291с.
7. Деревянные конструкции и детали/Под редакцией Хрулева В.М./ - М. 1995, 378 с.

## Прогрессивное деревообрабатывающее оборудование и инструмент

Абдулов А.Р., Новоселов В.Г. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

### ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ СТАЛЬНЫХ НОЖЕЙ УПРОЧНЕННЫХ ПУТЕМ ИМПЛАНТАЦИИ ИОНОВ АЗОТА RESEARCH OF DURABILITY OF CUTTING EDGES MADE OF STEEL REINFORCED WITH NITROGEN ION EMISSION

*Cutting edges made of steel reinforced with nitrogen ion emission is more durable in comparison with standard cutting edge.*

В процессе взаимодействия режущего инструмента и древесины, инструмент под действием сил трения подвергается изнашиванию, что в свою очередь влияет на качество обрабатываемой поверхности: точность и шероховатость.

По заказу ЗАО «Региональный Центр Листообработки» были проведены испытания двух партии ножевого инструмента, подвергнутого ионно-лучевой обработке (имплантация ионов азота).

Первая партии была обработана при суммарной энергии ионов  $8 \cdot 10^{17}$  ион /см<sup>2</sup> набрана в два этапа: при энергии ионов 30 кэВ затем при энергии 25 кэВ. Приращение микротвердости составляет 5-15%.

Вторая партия была обработана при энергии ионов 30 кВ  $\sim 3 \cdot 10^{17}$  ион/см<sup>2</sup>. Заметного приращения микротвердости не наблюдается.

Измерения проводились на четырехстороннем продольно-фрезерном станке С25-4А в условиях деревообрабатывающего предприятия ООО «НИК» г. Сысерть с 22 по 24 сентября 2010 года. Влажность обрабатываемой древесины  $W = 6-12\%$ , порода заготовок - сосна, марка стали режущего инструмента – DS, скорость подачи – 14 м/мин. В процессе проведения исследований на станке было обработано 1813 досок.

Значения постоянных факторов проведения эксперимента приведены в таблице.

Таблица – Значения постоянных факторов проведения эксперимента

Расположение головок по ходу подачи материала	Метод ионно-лучевой обработки	Диаметр окружности резания, мм	Путь резания при обработке одной доски, м	Припуск на обработку, мм	Подача на зуб, мм	п, частота вращения ножевой головки мин <sup>-1</sup>	Скорость резания, м/мин
Нижняя ножевая головка	Партия 1	131	3,52	0,5	1,15	3043	20,88
Правая ножевая головка	Без обр.	131	16,92	2,9	0,58	6076	41,68
Левая ножевая головка	Без обр.	131	10,42	1,1	0,58	6076	41,68
Верхняя ножевая головка	Партия 2	146	16,1	2,5	0,59	5898	45,09

Для определения радиуса закругления режущей кромки применялся метод слепков [1]. Для получения данных о радиусе закругления режущей кромки производилось по одному замеру с каждого ножа на каждой ножевой головке. Периодичность проведения измерений в первый день равнялась 60 минутам. В последующие дни один раз в конце смены. Классически, скорость изнашивания, принято определять в зависимости от пути, пройденного резцом в заготовке [2].

Полученные отпечатки фотографировали цифровым фотоаппаратом через металлографический микроскоп МЕТАМ ЛВ-44 при увеличении  $\times 100$ . Затем полученные снимки обрабатывали на компьютере при помощи программы AutoCAD. На основании полученных данных строятся зависимости изменения радиуса закругления режущей кромки: от пути пройденного резцом и от времени работы резца.

Результаты обработки по средним для четырех ножей каждой ножевой головки значениям  $\rho$  (мкм) и путь, пройденный резцом (м) приведены на рисунке 1.

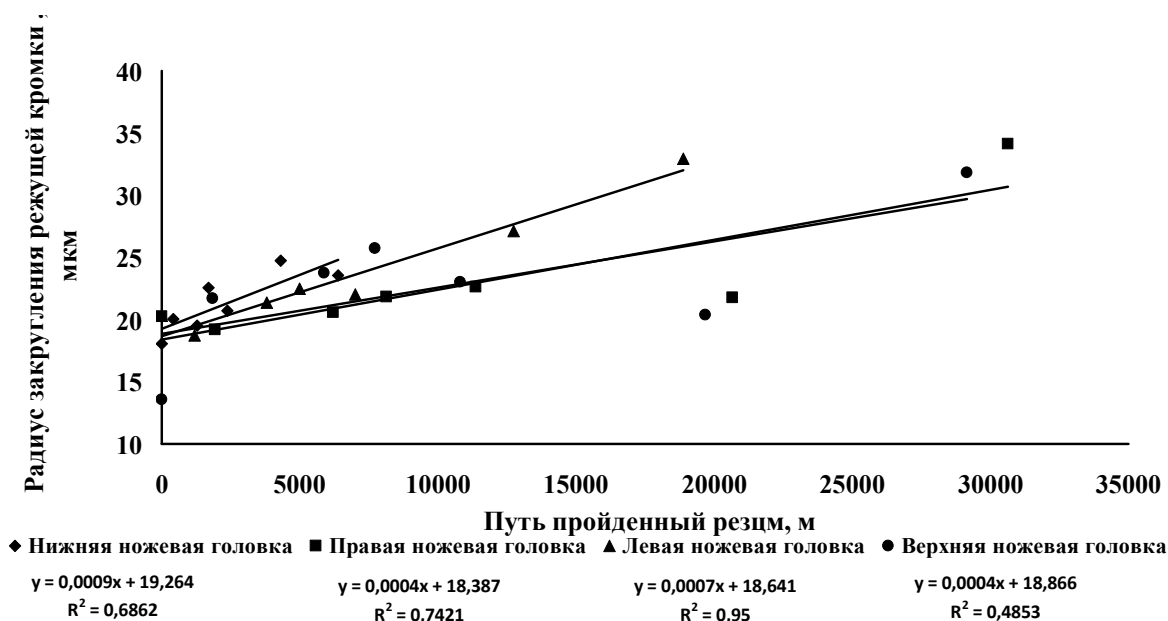


Рисунок 1 – Изменение радиуса закругления режущей кромки от пути, пройденного резцом

По полученным данным видно, что интенсивность изнашивания (мкм/м) ножей на ножевых головках равняется на нижней 0,0009, на правой 0,0004, на левой 0,0007, на верхней 0,0004. Величина износостойкости (м/мкм) равняется 1111,1, 2500, 1428,6, 2500 соответственно.

Этот метод определения износостойкости и интенсивности изнашивания справедлив при постоянстве факторов процесса резания, таких как: припуск на обработку, геометрическая точность обрабатываемых заготовок, частота вращения ножевых головок и многое другое. В случае их непостоянства такой метод не может давать объективную оценку, т.к. перечисленные выше факторы имеют различные значения, как следствие возникают различные силы взаимодействия между резцом и древесиной, что приводит в свою очередь к весьма противоречивым данным.

Для получения объективной оценки износостойкости и интенсивности изнашивания было принято решение произвести расчеты в зависимости от времени работы резца, в процессе обработки заготовок.

По полученным данным построены графические зависимости, представленные на рисунке 2.

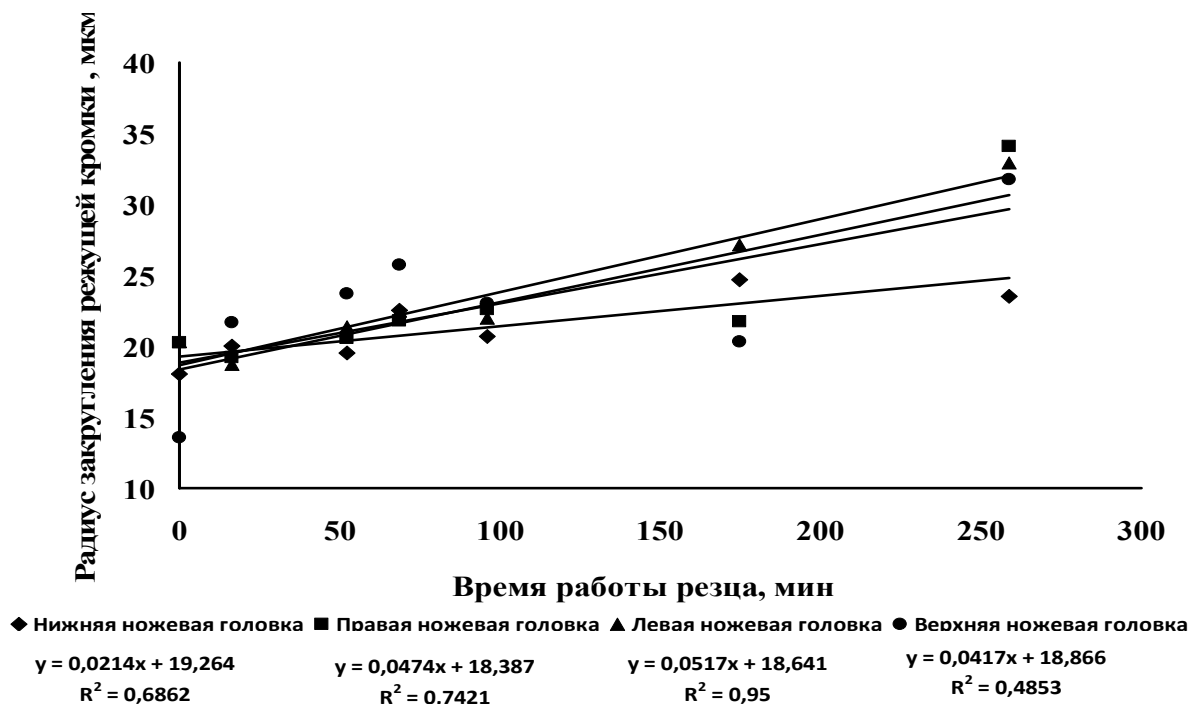


Рисунок 2 – Изменение радиуса закругления режущей кромки от времени работы резца

Из полученных зависимостей видно, что скорость изнашивания (мкм/мин) на ножевых головках равняется на нижней 0,0214, на правой 0,0474, на левой 0,0517, на верхней 0,0417. Величина износостойкости (мин/мкм) от пути пройденного резцом равняется 46,73, 21,1, 19,34, 23,98 соответственно.

На основании полученных данных пришли к выводу, что износостойкость ножей, подвергнутых ионно-лучевой обработке по передней грани оказалась выше, чем у необработанных, в партии №1 в среднем 2,31 раза, а в партии №2 в среднем 1,19 раза. Аналогичным следует ожидать периода стойкости ножей.

#### Библиографический список

1. Новосёлов В.Г. Исследование износостойкости стальных и неперетачиваемых твердосплавных ножей при продольном фрезеровании древесины / В.Г. Новосёлов, А.Р. Абдулов. // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: материалы международного евразийского симпозиума/ - Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т. - 2008. С.315-320.
2. Глебов И.Т Справочник по резанию древесины: справочник / И.Т. Глебов, В.Г. Новоселов, Л.Г. Швамм / - Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. акад., 1999. 190 с.

Алифанов А.В.<sup>1</sup>, Алехнович В.Н.<sup>1</sup>, Бурносов Н.В.<sup>2</sup>, Толкачева О.А.<sup>1</sup>

(<sup>1</sup> – ФТИ НАН Беларуси, г. Минск, РБ; <sup>2</sup> – БГТУ, г. Минск, РБ)

[alifanov\\_aav@bk.ru](mailto:alifanov_aav@bk.ru)

## УПРОЧНЕНИЕ ЛЕЗВИЙНОГО ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ИНСТРУМЕНТА НАНЕСЕНИЕМ МНОГОСЛОЙНЫХ ПОКРЫТИЙ *HARDENING CUTTING BLADE WOODWORKING TOOLS BY COVERING MULTILAYERED COATINGS*

*The paper is devoted to hardening cutting blade woodworking tools by covering multilayered coatings on the bases of carbides, titanium nitrides, zirconium and hafnium. Using ion technology for hardening allows to produce high performance cutting tools.*

**Введение.** За рубежом широко применяется для ионно-плазменного упрочнения режущего инструмента покрытия на основе карбида, нитрида широкого ассортимента металлов IV – VI группы периодической системы элементов. Данные соединения обладают высокой энергией решетки ( $6 \cdot 10^{-5}$ – $8 \cdot 10^{-5}$ ) Дж/моль, обладают высокой прочностью и износостойкостью. Применение однослойных и многослойных покрытий на основе карбида, нитрида титана, циркония, гафния позволяет существенно повысить стойкость режущего инструмента. Использование широкого ассортимента материалов для упрочнения деревообрабатывающего инструмента, наносимого методом ионной технологии, позволяет получить наряду с высокой твердостью, также высокую жаростойкость и высокую химическую инертность материала инструмента.

1. Исследование процесса нанесения износостойких упрочняющих покрытий на основе нитрида, карбида титана на инструментальную сталь. При ионно-плазменном нанесении покрытий на рабочую поверхность деревообрабатывающего инструмента основными, параметрами, влияющими на процесс, являются: ток дуги, температура подложки, давление технологического газа, потенциал подложки, время обработки. Изменение этих параметров изменяет условия конденсации плазменного потока, его характеристики и свойства полученных покрытий. Режим работы катода выбирается таким, чтобы обеспечить максимальную производительность процесса и качество покрытий. В результате исследований выбран ток дуги в пределах 70–100 А, который обеспечивает скорость напыления покрытий в пределах 0,2–0,3 мкм/мин при минимальной капельной фазе. При нанесении покрытий необходимо обеспечить высокую адгезию покрытия к поверхности инструмента — подложке. Очень большую роль для процесса нанесения играет предварительная подготовка подложки, химическая и механическая очистка [1, 2]. После помещения инструмента в вакуумную камеру производится дальнейшая очистка поверхности при помощи ионной бомбардировки. Она обеспечивает нагрев поверхности инструмента до температуры напыления, образование дефектов в поверхностном слое, нарушение кристаллического строения, изменение морфологии и состава, образование легированного подслоя, снижается шероховатость. Для технологического применения одним из главных факторов является тепловой эффект ионной бомбардировки обусловленный тем, что только около 5% энергии бомбардирующих ионов затрачивается на распыление упрочняемой поверхности, а вся ос-

тальная часть идет на нагрев. Количество тепла, поступающее на упрочняемый инструмент за время  $t$  можно выразить:

$$Q_u = I \cdot S \cdot U \cdot t, \quad (1)$$

где  $I$  – средняя плотность ионного тока на упрочняемой поверхности, А/см<sup>2</sup>;  $U$  – потенциал поверхности, В;  $S$  – площадь поверхности, см<sup>2</sup>;  $t$  – время обработки, мин.

Это тепло, если пренебречь потерями, полностью идет на нагрев инструмента до температуры  $T$ .

$$Q_u = c \rho V (T - T_0), \quad (2)$$

где  $c$  – теплоемкость материала детали,  $\rho$  – плотность;  $V$  – объем детали;  $T_0$  – температура начала процесса;  $T$  – заданная температура.

Тогда минимальное время, которое необходимо для нагрева образца до заданной температуры можно определить по формуле:

$$t = \frac{c \rho V (T - T_0)}{I S U}, \text{ с} \quad (3)$$

Для нашего образца  $V = 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ ;  $S = 10^{-4} \text{ м}^2$  время нагрева расчетное при напряжении на подложке 700 В — 5 минут, при напряжении на подложке 1200 В — 2,5 минуты. Это хорошо согласуется с экспериментом. Эксперимент показывает, что процесс нагрева приобретает квазистационарный характер через 10 минут после начала ионной бомбардировки. При выходе на стационар уравнение теплового баланса для инструмента будет:

$$Q_u = Q_{\text{изл}} + Q_T \quad (4)$$

где  $Q_{\text{изл}}$  — теплота, теряемая за счет излучения;  
 $Q_T$  — теплота, теряемая за счет теплопроводности.

При напылении в уравнение теплового баланса добавляются еще два члена:  $Q_K$  — теплота конденсации потока атомов,  $Q_p$  — энергия рекомбинации ионов с электронами.

Тогда для процесса напыления уравнение теплового баланса будет:

$$Q_u \pm Q_K + Q_p = Q_{\text{изл}} + Q_T, \quad (5)$$

т.к. теплота, теряемая излучением при постоянной температуре среды постоянна, то влиять на температуру поверхности в процессе напыления при заданных параметрах процесса можно, изменяя количество теплоты, теряемое за счет теплопроводности. Если не учитывать нарушение теплового баланса при переходе от режима ионной очистки к режиму напыления, температура может опуститься ниже необходимой для процесса и тогда покрытие становится двухслойным, т.е. первый слой нанесенный при температуре 400°C плотный и гладкий, а второй рыхлый — с плохой адгезией. На основании выше изложенного, нами было выбрано такое термическое сопротивление для образца, чтобы при напряжении на поверхности 150 В температура не опускалась ниже 400 °С, что обеспечивало получение плотных покрытий с хорошей адгезией.

Для исследования влияния давления рабочего газа на твердость покрытий были получены покрытия TiN и TiC при различных давлениях рабочих газов азота и ацетилена в диапазоне давлений  $1,5 \cdot 10^{-2} - 6 \cdot 10^{-1}$  Па. Покрытия наносились на режущие пластинки из стали Р6М5 объемом  $5 \cdot 10^{-7} \text{ м}^3$  и имели площадь поверхности для напыления  $10^{-4} \text{ м}^2$  (микротвердость пластинок 5 ГПа). В результате исследований установлено, что



микротвердость образцов из стали Р6М5 с покрытием нитрида титана толщиной 2–6 мкм изменяется от 12 до 7 ГПа, уменьшаясь с ростом давления азота (рис. 1).

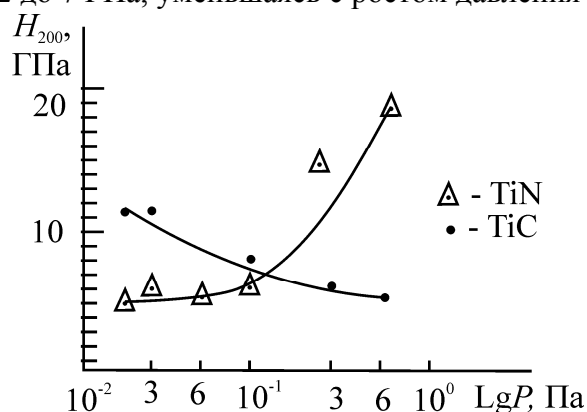


Рисунок 1 – Зависимость микротвердости системы подложка-покрытие от давления рабочего газа для однослойных покрытий на основе TiN и TiC

Следует отметить, что скорость нанесения покрытий уменьшается с ростом давления рабочего газа приблизительно в 1,8 раза, а также уменьшается количество капель в покрытии.

Микротвердость образцов из стали Р6М5 с покрытиями из карбида титана толщиной 2–6 мкм в диапазоне давлений ацетилена  $1,5 \cdot 10^{-2}$  Па представлена на рис. 1. Из рисунка видно, что микротвердость образцов изменяется от 6 ГПа до 16 ГПа при изменении давления ацетилена от  $1,5 \cdot 10^{-2}$  Па до  $6 \cdot 10^{-1}$  Па и возрастает с ростом давления ацетилена.

Были проведены исследования внутренних напряжений в покрытиях. Для определения внутренних напряжений покрытий использовали пластинку из нержавеющей стали, закрепленную консольно, и по величине ее изгиба судили о внутренних напряжениях в покрытии. Было установлено, что внутренние напряжения в покрытиях TiN и TiC — сжимающие. Следует отметить, что при нанесении TiN и TiC покрытия наносились двумя способами: с подслоем чистого титана толщиной  $\cong 100$  Нм и без подслоя. Установлено, что покрытия в диапазоне давлений рабочего газа от  $1,5 \cdot 10^{-2}$  Па до  $6 \cdot 10^{-1}$  Па с подслоем Ti имеют меньшие внутренние напряжения, чем без подслоя, которые уменьшаются с ростом давления газа. Покрытия TiC без подслоя имеют меньшие внутренние напряжения, чем с подслоем и чем у покрытий TiN, т.е. покрытия TiN необходимо наносить на сталь с подслоем Ti, а покрытия TiC — без подслоя. Следует отметить, что сталь Р6М5 нельзя нагревать выше 500°C в связи с тем, что могут разрушиться режущие кромки инструмента, в то время как сталь Р6М5К5 имеет теплоустойчивость до 600°C. Инструмент при ионной бомбардировке необходимо обрабатывать при циклическом режиме.

2. Исследование процесса нанесения многослойных упрочняющих покрытий на инструментальную сталь. Однослойные покрытия TiN и TiC широко используются в современном инструментальном производстве, однако их эффективность недостаточно высока [3-5]. Перспективным решением проблемы является нанесение многослойных покрытий. При нанесении многослойных покрытий адгезия определяется адгезией первого слоя, но нужно уделять внимание адгезии между слоями и свойствам переходных слоев. Следует отметить, что применение большого количества слоев не дает большого

положительного эффекта т.к. известно, что оптимальная толщина покрытия 4–6 мкм [3] и при нанесении, например десяти слоев толщина слоя 0,5 мкм, т.е. если наносить чередующиеся слои TiN и TiC, то получится результирующее покрытие из карбонитрида переменного состава. Для повышения эффективности покрытий необходимо обеспечить их высокую износостойкость. Вследствие сложности условий износа нельзя сказать, что износ, тем меньше, чем больше твердость покрытий. Одним из необходимых условий повышения износостойкости является высокая твердость, поскольку и абразивный и адгезионный износ уменьшаются по мере увеличения твердости покрытий. Исходя из изложенного были получены 2-х и 3-х слойные покрытия на основе TiN и TiC по режимам, выбранным на основе исследований процесса. Была исследована микротвердость полученных покрытий и отдельных слоев. Следует отметить, что напыление производилось двумя способами. Первый способ — двух и трехслойные покрытия наносились за один цикл. Второй способ — наносились сначала однослойные покрытия, затем измерялась их твердость и они помещались в камеру, нагревались ионной бомбардировкой и наносился второй слой, затем опять исследовалась их микротвердость, а затем наносился третий слой и исследовалась его твердость. Следует отметить, что при этом исследуется микротвердость композиция-подложка (сталь Р6М5). Истинную микротвердость покрытия можно определить по формуле. Результаты исследований микротвердости представлены на рис. 2 и 3.

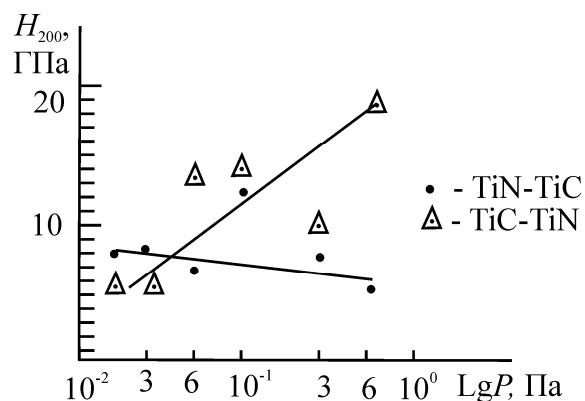


Рисунок 2 – Зависимость микротвердости системы подложка-покрытие от давления рабочего газа. Для двухслойных покрытий на основе TiN и TiC

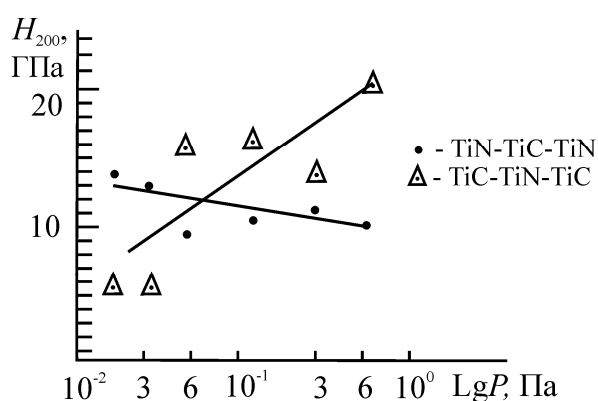


Рисунок 3 – Зависимость микротвердости системы подложка-покрытие от давления рабочего газа. Для трехслойных покрытий на основе TiN и TiC

Установлено, что микротвердость двух и трехслойных покрытий, нанесенных первым и вторым способами, практически одинакова (в пределах точности измерений).

Толщина каждого слоя в покрытиях 2 мкм. Из рис. 2 и 3 видно, что микротвердость покрытий с внутренним слоем TiN и внешним слоем TiC, в зависимости от давления рабочего газа, возрастает с ростом давления рабочего газа до 18 Па. Для покрытий TiN-TiC-TiN микротвердость практически не меняется в диапазоне давлений рабочего газа, хотя имеет тенденцию к снижению с ростом давления газа. Микротвердость покрытий с внутренним слоем TiC внешним TiN выше, чем у TiN и незначительно изменяется в диапазоне давлений, имея максимальное значение 12 ГПа при давлении  $10^{-1}$  Па. Трехслойное покрытие TiC-TiN-TiC имеет микротвердость в пределах 9–21 Па и возрастает с ростом давления рабочего газа. Внутреннее напряжение двух и трехслойных покрытий значительно больше, чем однослойных.

Износостойкость покрытий на режущем инструменте определяется, как твердостью самого покрытия, так и его адгезией к поверхности самого инструмента. Поэтому при определении новых износостойких материалов покрытий была поставлена задача — наряду с обеспечением высокой твердости поверхности установить режимы нанесения покрытий, обеспечить наличие промежуточных слоев, обеспечивающих адгезию самого покрытия. Сравнительные испытания покрытий на износ и адгезию проводились на машине трения СМЦ-2, на специальном стенде, смонтированном на базе токарно-винторезного станка 1А-616 и методом иглы (метод Вивера). Для моделирования процесса износа использовалась машина СМЦ-2 по схеме с открытым кинематическим контуром, когда образец с покрытием неподвижен (трение скольжения), а контртело вращается (линейная скорость образца 47,5 /мин, нагрузка на образец 200–1000 Н). Испытания проводили до образования задиров. Сила прижима образца и коэффициент трения фиксировались динамометрами, отношение износа эталона (изменение массы) к износу испытуемого образца дает величину относительной износостойкости.

Для качественной оценки адгезии покрытия использован метод иглы, который заключается в нанесении на поверхность износостойкого покрытия иглой риски с возрастающей нагрузкой до тех пор, пока напыленный слой не отделится от подложки. В качестве иглы использовали твердосплавную, эльборовую пирамиду с углом заточки  $120^\circ$  и радиусом острия 0,05 мм.

В результате испытаний на износ режущих пластинок из стали Р6М5 упрочненных однослойными, двухслойными и трехслойными покрытиями из карбидов и нитридов титана наибольшую износостойкость показали покрытия TiC-TiN, нанесенные при давлении рабочего газа  $10^{-1}$  Па и покрытия TiC-TiN-TiC, нанесенные при давлении рабочего газа  $6 \cdot 10^{-1}$  Па. На основании исследований процесса напыления был разработан техпроцесс для упрочнения режущего инструмента из стали Р6М5.

Ионная бомбардировка: давление в камере  $1 \cdot 10^{-2}$  Па; ток дуги 70–80 А; напряжение подложки 1200 В; плотность ионного тока 5–7 мА/см<sup>2</sup>. Время обработки от 2–10 минут. В зависимости от размеров детали вычисляется по приведенной формуле (3). Так как температура режущих кромок не должна превышать  $500^\circ\text{C}$  ионная обработка проводится циклически, а общее время обработки представляет собой сумму рабочих циклов.

Напыление с ионной бомбардировкой: давление рабочего газа для покрытий TiC-TiN  $(1-2) \cdot 10^{-1}$  Па; ток дуги 80–100 А; напряжение на подложке 100–200 В, температура подложки  $400-450^\circ\text{C}$  время напыления каждого слоя 10 минут.

Для покрытий TiC-TiN-TiC давление рабочего газа  $6 \cdot 10^{-1}$  Па; ток дуги 80–100 А; напряжение на подложке 150 В, температура подложки  $400-450^\circ\text{C}$ ; время напыления каждого слоя 12 минут. Для дальнейшего повышения износостойкости инструмента с покрытиями были опробованы покрытия ZrN и TiN-ZrN. Установлено, что микротвердость покрытий ZrN возрастает с ростом давления азота и лежит в пределах 8–16 ГПа. Внутренние напряжения наоборот уменьшаются. То есть покрытия, полученные при давлении азота  $6 \cdot 10^{-1}$  Па, имеют максимальные микротвердость и минимальные внутренние напряжения. Исследования показали, что капельная фаза в покрытиях на основе циркония значительно ниже, чем у покрытий на основе титана, а износостойкость покрытия из нитрида циркония в 1,5 раза выше, чем у покрытий из нитрида титана. Режим нанесения покрытий из нитрида циркония следующий: ионная бомбардировка:

давление остаточных газов  $3 \cdot 10^{-2}$  Па; ток дуги 110 А; напряжение на подложке 600 В; плотность ионного тока 7 мА/см<sup>2</sup>; время обработки 5–10 минут.

Напыление: давление азота  $6 \cdot 10^{-1}$  Па; ток дуги 120 А; напряжение на подложке 110 В; температура подложки 400–450°C; время напыления 10 минут. Двухслойное покрытие TiN–ZrN, нанесенное при давлении рабочего газа  $3 \cdot 10^{-1}$  Па для TiN и  $6 \cdot 10^{-1}$  Па для ZrN по приведенной технологии показало повышенную микротвердость для двухслойных покрытий (19 ГПа), а при испытаниях на износостойкость показало наивысшую стойкость, что указывает на необходимость разработки многослойных покрытий на основе Ti и Zr.

**Заключение.** Использование многослойных покрытий на основе карбидов, нитридов тугоплавких металлов, а также использование барьерных промежуточных слоев позволяет решать задачу повышения стойкости и прочности режущего деревообрабатывающего инструмента в 1,5 – 4 раза.

#### Библиографический список

1. Анцифиров, В.Н. Порошковая металлургия и напыленные покрытия. / В.Н. Анцифиров [и др.]. – М.: Металлургия, 1987. – 420 с.
2. Справочник оператора установок по нанесению покрытий в вакууме / А.Н. Кострожицкий [и др.]. — М.: Машиностроение, 1991. – 250 с.
3. Белый, А. В. Структура и методы формирования износостойких поверхностных слоев / А.В. Белый, Г.Д. Карпенко, Н.К. Мышкин. — М.: Машиностроение, 1991. — 320 с.
4. Белый, А. В. Прогрессивные методы изготовления металлорежущего инструмента / А.В. Белый [и др.]. — Минск: БелНИИНТИ, 1989. – 48 с. — (Обзорная информация / БелНИИНТИ).
5. Клауч, Д.Н. Перспективы применения металлорежущего инструмента с износостойкими покрытиями / Д. Н. Клауч [и др.] // Технология, организация производства и управления, вып 17.—М.: ЦНИИТЭНтяжмаш, 1988. —45 с.
6. Гольцев, В. П. Ионно-плазменная технология получения износостойких покрытий / В.П. Гольцев [и др.]. — Минск: БелНИИНТИ, 1987. — 44 с. — (Обзорная информация / БелНИИНТИ).

**Алифанов А.В.<sup>1</sup>, Бурносков Н.В.<sup>2</sup>, Толкачева О.А.<sup>1</sup>**

(<sup>1</sup> – ФТИ НАН Беларуси, г. Минск, РБ; <sup>2</sup> – БГТУ, г. Минск, РБ)

[alifanov\\_aav@bk.ru](mailto:alifanov_aav@bk.ru)

## **ИЗГОТОВЛЕНИЕ РЕЖУЩИХ ПЛАСТИН ИЗ ОКСИДНОЙ КЕРАМИКИ, ВКЛЮЧАЮЩЕЙ ПОЛНЫЕ И НЕПОЛНЫЕ ОКСИДЫ** *MANUFACTURING CUTTING BLADES USING OXIDE AND SUBOXIDE CERAMICS*

*Cutting blades made of Al-based oxide and suboxide ceramics were tested in a plant while processing wood-based chipboards, glued wood as well as for different wood species*

*such as oak. The tests indicated durability of cutting blades made of oxide-suboxide ceramics is like hard-alloyed tools perform while processing abrasive-containing wood-based materials. This durability is twice longer or more vs. using high-alloyed cutting tools while processing different wood species. Al-based oxide and suboxide ceramics can be recommended for wide cutting tools production.*

## **Введение**

Проблемы повышения износостойкости режущего инструмента, поиска новых материалов, способов их использования достаточно многогранны. В деревообрабатывающей промышленности основным материалом для оснащения режущих граней инструментов, обеспечивающим высокопрочную и высокопроизводительную обработку являются твердые сплавы различных модификаций, которые остаются достаточно дорогими. Мы предлагаем в качестве режущих пластин инструментов более широко использовать оксидную керамику.

Повышения прочностных характеристик оксидной керамики и расширения области ее применения можно достигнуть за счет увеличения ее вязкости.

Изучение различных видов керамических материалов показало, что для достижения поставленной цели целесообразно использовать не чистые керамики, а металло-керамические материалы, которые представляют собой гетерогенные композиции одной или нескольких керамических фаз с металлами [1]. Керамической фазой здесь могут быть оксиды, карбиды, бориды и нитриды, а металлической—алюминий, железо или тугоплавкие металлы.

Оксид алюминия ( $Al_2O_3$ ), как один из самых перспективных керамических материалов, стал основой серии керметов. К наиболее перспективным относятся композиции "оксид алюминия - тугоплавкий металл (Mo, W, Nb, Ta)", а также —"оксид алюминия -Ni, Co, Fe".

Одновременно применительно к оксидной керамике обычно отрицается возможность получения основы из высшего и низших оксидов (субоксидов), например, алюминия, так как его субоксиды или неполные оксиды ( $AlO$  и  $Al_2O$ ) стабильны только при высоких температурах [2-5], приближающихся к температуре плавления  $T_{пл}$  высшего оксида ( $Al_2O_3$ ). При охлаждении, начиная с  $0,7-0,8 T_{пл}$ , субоксиды превращаются по реакции диспропорционирования в высший оксид с образованием металлической фазы.

Изделия или полуфабрикаты из порошковых материалов чаще всего получают двумя способами: холодным прессованием с последующим спеканием или горячим прессованием, когда и прессование, и спекание совмещаются в одном процессе. В данной работе применялось горячее статическое прессование.

В данной статье рассматриваются два метода получения горячим прессованием оксидно-субоксидной керамики при температуре  $0,7-0,8T_{пл}$ . Оба метода основаны на применении активирующих добавок в порошки оксидных керамик в процессе их спекания, что соответствует рекомендациям в различных литературных источниках [6-9].

## **Получение оксидно-субоксидных керамик путем введения в основной оксид одноименного металла**

Первый метод получения оксидно-субоксидной керамики заключается во введении в основной оксид одноименного металла в количестве 1-10% (масс.), хорошо сма-

чивающего при плавлении свой оксид и растворяющегося в нем (в твердой фазе) до 5% и более.

В качестве таких композиций можно предложить, например, системы:

$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Al}$ ;  $\text{TiO}_2 + \text{Ti}$ ;  $\text{ZrO}_2 + \text{Zr}$ ;  $\text{HfO}_2 + \text{Hf}$  и т.д.

В процессе горячего прессования на воздухе (для  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) и в восстановительной или нейтральной атмосферах (для  $\text{TiO}_2$ ;  $\text{ZrO}_2$ ;  $\text{HfO}_2$ ) и при дефиците кислорода на границе фазового раздела "оксид-металл" образуются следующие субоксиды в соответствии с применяемой композицией:

$\text{AlO}$  и  $\text{Al}_2\text{O}$ ;  $\text{TiO}$  и  $\text{Ti}_2\text{O}_3$ ;  $\text{Zr}_3\text{O}$ ;  $\text{Hf}_3\text{O}$ .

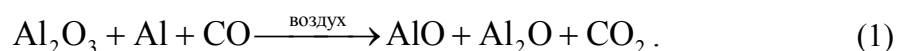
Образующиеся субоксиды в процессе быстрого охлаждения от температуры прессования частично распадаются на высший оксид и металлическую пластичную фазу. Часть субоксидов стабилизируется при комнатной температуре в целях быстрого охлаждения, располагаясь по границам зерен высшего оксида или образуя с ним гетерогенную смесь в зависимости от степени измельчения высшего оксида и количества вводимого металла. Металлическая (пластичная) фаза выделяется в микро- и макропорах и является препятствием (барьером) на пути распространения микротрещин, что хорошо согласуется с теоретическими предпосылками [2-4].

За счет выделения и стабилизации субоксидов повышается прочность керамики, так как низшие оксиды (субоксиды) обладают большей вязкостью, чем высшие [9]. Этот эффект является основополагающим для увеличения вязкости и снижения хрупкости керамики.

В связи с тем, что прессование в данном случае происходит при высокой температуре, все вышеописанные явления протекают при участии жидкой металлической фазы, резко ускоряющей реакционную диффузию.

Таким образом, после охлаждения от температуры прессования до комнатной, в структуре керамики присутствуют следующие фазы: высший оксид, субоксиды и металлическая фаза.

Например, при горячем прессовании ( $t=1680\pm 20^\circ\text{C}$ ) шихты, состоящей из смеси порошков  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и (1-10% масс)  $\text{Al}$ , в графитовой пресс-форме, на воздухе, протекает следующая реакция:

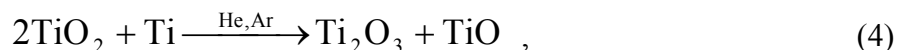


В процессе охлаждения от температуры прессования получается:



Учитывая, что в нашем случае охлаждение происходит достаточно быстро (за счет принудительного охлаждения контейнера, в котором находится графитовая пресс-форма) и часть субоксидов не вступает в реакцию (2) и (3), а стабилизируется при комнатной температуре, в полученной после горячего прессования композиции присутствуют следующие фазы:  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}$ ,  $\text{AlO}$ ,  $\text{Al}$ .

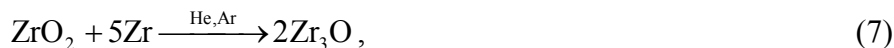
Оксидно-субоксидную керамику можно получить и в других системах, но в нейтральных средах ( $\text{Ar}$ ,  $\text{He}$ ). Например, для системы ( $\text{TiO}_2$  —  $\text{Ti}$ ) в условиях горячего прессования имеем:



а при быстром охлаждении от температуры прессования до комнатной осуществляются следующие реакции:



То же самое и для системы ( $\text{ZrO}_2$ —Zr) — при нагреве:



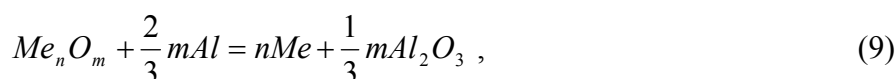
при охлаждении:



### Получение оксидно-субоксидных керамик методом введения в основной оксид металла-восстановителя

Вторым направлением получения оксидно-субоксидных керамик является метод введения в порошок высшего оксида порошка металла-восстановителя, который обладает большим сродством к кислороду, чем металл основного оксида, например, алюминия.

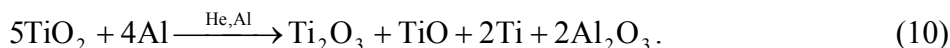
Основным условием самопроизвольного протекания реакции, представленной в общем виде:



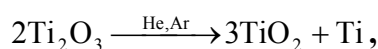
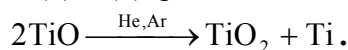
(где Me —какой либо металл, составляющий основу оксида), является более высокая прочность оксида алюминия по сравнению с оксидами восстанавливаемых элементов [8]. По убыванию степени прочности в ряду элементов Zr, Ti, Si, B, Cr, Nb, Mn, V, W, Mo, все оксиды этих элементов восстанавливаются алюминием. Элементы, образующие более прочные соединения в указанном ряду, могут служить восстановителями для менее прочных. В соответствии с принципом последовательности превращений высшие оксиды сначала восстанавливаются до низших, которые затем восстанавливаются до элемента [9].

Введение металла-восстановителя в количестве 1-10% (масс.), значительно меньшем теоретического (20-30%) [8], необходимого для полного восстановления, приводит к неполному восстановлению оксида с образованием субоксидов и небольшого количества металлической (восстанавливаемый металл) фазы.

Так, при горячем прессовании в нейтральной среде шихты из диоксида титана и алюминия в количестве (1-10% масс.), меньшем, чем необходимо для полного восстановления, протекает реакция:



При медленном охлаждении от температуры горячего прессования протекают следующие, уже известные ранее (5) и (6), реакции:



В процессе быстрого охлаждения часть субоксидов сохраняется. Таким образом, полученная композиция в готовом виде включает следующие компоненты:  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Ti}_2\text{O}_3$ , TiO и Ti.

# **Получение режущих пластин из оксидно-субоксидной керамики на основе оксида алюминия**

Из вышесказанного можно сделать вывод о том, что при всех своих достоинствах (твердость, прочность, тепловая стойкость) керамика на основе алюминия, как впрочем и любая другая, имеет один главный недостаток — хрупкость [6, 8], что ограничивает применение этой керамики, например, при изготовлении металлорежущих резцов. Обычно, для устранения или уменьшения хрупкости в оксид алюминия добавляют TiC, иногда до 60% (масс.) [4, 6, 10], или другие оксиды, что приводит к удорожанию получаемой композиции.

Разработка новых способов получения композиций на основе оксидной керамики при одновременном получении и стабилизации в процессе спекания субоксидов (низших оксидов) позволяет увеличить вязкость и снизить хрупкость керамического материала, обеспечивая тем самым и значительное расширение области его использования, например, для изготовления высокопрочных режущих пластин.

С целью дальнейшего исследования механических и эксплуатационных свойств оксидно-субоксидной керамики на основе  $Al_2O_3$ , используемой в качестве режущих пластин, были изготовлены соответствующие пластины квадратной формы размерами 13,5х13,5 мм и толщиной 5,6 мм. Пластины были получены горячим статическим прессованием. Порошковая смесь "оксид алюминия (95% масс.) и алюминий (5% масс.)", включающая фракции порошков 10-20 мкм, помещалась в графитовую пресс-форму, реализующую схему двухстороннего сжатия, при высокой температуре  $1680 \pm 20^\circ C$ .

Затем, с помощью специального устройства осуществлялось ускоренное охлаждение заготовок до комнатной температуры.

Спеченная оксидно-субоксидная керамика имеет черный цвет. Рентгенофазовый анализ, выполненный на рентгеновском диффрактометре ДРОН-ЗМ, выявил в полученных образцах четыре фазы:  $Al_2O_3$ ,  $Al_2O$ ,  $AlO$  и  $Al$  (табл.1.).

Таблица 1 – Результаты рентгенофазового анализа образцов оксидно-субоксидной керамики

Выявленная фаза	Количество линий, используемых для идентификации	Концентрация, объемн. %	Окно расшифровки, град.
$Al_2O_3$	1,9	54,5	0,3
$AlO$	21	13,7	0,3
$Al_2O$	18	9,3	0,3
$Al$	6	9,3	0,4
Не идентифицируемые фазы	5	13,2	—

Высокопрочные режущие пластины из керамики на основе оксида алюминия с различными включениями производит ряд известных зарубежных фирм, например, американо-германская "Кеннаметал-Хертель", шведская "Сандвик", израильская "Искар" и др. В странах-членах СНГ наиболее качественные режущие пластины изготавли-



вает Московский завод твердых сплавов на основе разработок ВНИИТС. Эти пластины, при хорошем качестве, дешевле зарубежных в 3 и более раз.

Целью настоящей работы являлось получение опытных режущих пластин из оксидно-субоксидной керамики на основе Al, лучших или не уступающих по своим эксплуатационным свойствам московским, но еще более дешевых.

Механические свойства полученных оксидно-субоксидных образцов на основе  $Al_2O_3$ , отшлифованных алмазными кругами до размеров 13,7x13,7x4,76 мм, исследовались в сравнении с пластинами ВО-100 и ВОК-200, изготовленными во ВНИИТС. Пластины ВО-100 являются керамикой оксидного типа на основе  $Al_2O_3$  с добавками других оксидов. Пластины ВОК-200 являются керамикой оксидно-карбидного типа на основе  $Al_2O_3$  и TiC с добавками других оксидов [10]. В таблице 2 приведены механические свойства режущих пластин, изготовленных во ВНИИТС, и оксидно-субоксидных керамических пластин (ОС), изготовленных по новой технологии (рис.1).

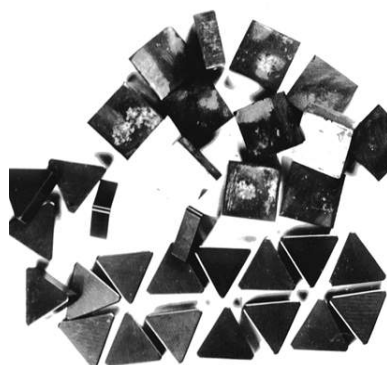


Рисунок 1 – Режущие пластины из оксидно-субоксидной керамики

Таблица 2 – Сравнительные свойства керамик на основе  $Al_2O_3$

Механические свойства	Единицы измерения	Образцы керамик		
		ВО-100	ВОК-200	ОС
Плотность	г/см <sup>3</sup>	4,16	4,2-4,3	4,1-4,2
Твердость	HRA	91-92	92-93	91-92
Предел прочности при изгибе	МПа	600	650	650
Предел прочности при сжатии	МПа	4800	5200	5010
Коэффициент трения по стали	—	0,29	0,27	0,21

Из таблицы 2 видно, что по основным механическим свойствам образцы пластин из оксидно-субоксидной керамики на основе  $Al_2O_3$  (ОС) не уступают или превосходят образцы ВО-100 ( $Al_2O_3$ ) и приближаются к показателям образцов ВОК-200, изготовленным на основе  $Al_2O_3$  и TiC, а по коэффициенту трения превосходят и ВО-100, и ВОК-200 за счет внутренней твердой смазки, в качестве которой служат включения свободного алюминия.

### Выводы

Полученные результаты позволяют сделать вывод о перспективности использования режущих пластин из оксидно-субоксидных керамик на основе  $Al_2O_3$  в производственных условиях.

Лабораторные испытания режущих пластин типа ОС, ВО-100 и ВОК-200 на токарных операциях резания различных сталей показали преимущества пластин ОС. Усилия резания этими пластинами меньше, чем усилия резания пластинами ВО-100 и ВОК-200, на 12-15% за счет эффекта самосмазывания включениями свободного алюминия.

Режущие пластины из оксидно-субоксидной керамики на основе Al были испытаны в производственных условиях при обработке древесно-стружечных плит, клееной древесины, а также различных пород древесины: дуба, березы, сосны и др. Испытания показали, что при обработке абразивосодержащих древесных материалов стойкость фрезерного инструмента, оснащенного оксидно-субоксидными пластинками, приближенными к стойкости твердосплавного инструмента, а при обработке различных древесных пород стойкость керамических оксидно-субоксидных пластин в 2 и более раз превышает стойкость обычно применяемых инструментов из высоколегированных сталей (Р6М5, ШХ15 и др.). Учитывая значительно меньшую стоимость разрабатываемого керамика по сравнению с твердым сплавом и инструментальными сталями, можно рекомендовать пластины из оксидно-субоксидной керамики на основе Al к широкому внедрению в производстве.

#### Библиографический список

1. Энциклопедия неорганических материалов: В 2-х т./Ред. И.М. Федорченко и др. — Киев: Укр. Сов. энциклопедия, 1977. — Материаловедение.1977 С.565 – 571.
2. Тонкая техническая керамика/ Под ред. Х. Янагида. — М.: Металлургия, 1986 — 276 с.
3. Шведков Е.Л. «Вязкая» керамика за рубежом (теоретические предпосылки) — Киев, 1987 — 21 с. — (Препринт / Институт проблем материаловедения АН УССР, №7)
4. Шведков Е.Л. «Вязкая» керамика за рубежом (теоретические предпосылки) — Киев, 1987 — 23 с. — (Препринт / Институт проблем материаловедения АН УССР, №8)
5. Аллюминотермия / Н.П.Лякишев, Ю.Л. Плинтер, Г.Ф. Игнатенко, С.И. Лапко: под ред. Н.П.Лякишева. — М.: Металлургия, 1978. — 423 с.
6. Федорченко И.М., Скороход В.В. Теория и практика спекания. Порошковая металлургия. — 1967. — №11. — С. 29 – 50.
7. Кислый П.С., Кузенкова М.А., Повышение активности порошков к спеканию// Порошковая металлургия . — 1969. — №11. — С. 21 – 25.
8. Райченко А.И., Хандрос Л.П., Муравский Н.А. Химические методы активации спекания порошковых материалов// Порошковая металлургия. — 1970. — №1. — С. 26 – 29.
9. Федорченко И.М., Иванова И.И. Исследование концентрационной зависимости усадки при спекании двухфазных систем // Теория и технология спекания: Сб. Сторон. — Киев: Наукова думка, 1974. — С. 105 – 115.
10. Каталог: Керамические режущие сменные многогранные пластины. — М., 1992. — 11с. (Препринт / ВНИИТС, №3).

**Алифанов А.В., Бурносов Н.В., Чудакова И.Л.**

*(Физико-технический институт НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь)*

[alifanov\\_aav@mail.ru](mailto:alifanov_aav@mail.ru)

## **ТЕХНОЛОГИЯ УПРОЧНЕНИЯ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ИМПУЛЬСНЫМ МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ**

### **PULSE MAGNETIC HARDENING CUTTING TOOLS TECHNOLOGY**

*Cutting tools are not only widely used in wood processing but their produce and maintenance are high cost. To reduce the cost it is used different technologies for hardening cutting tools though they are enough expensive too. Using pulse magnetic field to treat the tools is perspective technology because of high quality of finished products and low cost.*

Проблема повышения стойкости и долговечности металлообрабатывающего и деревообрабатывающего инструментов особенно остро встала в последние годы в связи с резким их удорожанием. В настоящее время до 20 % себестоимости продукции машиностроительных и деревообрабатывающих предприятий приходится на изготовление режущего инструмента, на повторные заточки, на затраты энергии.

Применяемые в настоящее время различные способы и средства повышения ресурса инструментов (специальная термообработка, напыление, искровое легирование, лазерная обработка и т.д.) являются весьма дорогостоящими и не позволяют существенно в 1,5 - 2,5 раза поднять их эксплуатационные показатели в условиях производства. Из многих технологий, которыми располагают в настоящее время, особый интерес представляют физические методы упрочнения, в частности, методы магнитно-импульсной обработки (МИО) вызывающие необратимые структурные изменения в обрабатываемом материале [1].

Работы, посвященные повышению прочности и износостойкости режущего инструмента с использованием импульсного магнитного поля, проводятся в России. Однако эти работы отличаются механизмом упрочнения инструмента. В Барнауле в исследовательском институте изучают повышение стойкости режущего инструмента путем применения магнитно-импульсной обработки с предварительным индукционным нагревом. Ими проводятся эксперименты по определению влияния температуры предварительного нагрева на микротвердость инструментальных сталей. Этот метод отличается трудоемкостью и повышенным расходом электроэнергии. Методика упрочнения режущего инструмента, применяемая в Уральском Научном центре, имеет следующий вид: инструмент перед обработкой помещают в полость соленоида со стороны, например, с северной полярностью таким образом, чтобы центр тяжести детали был удален от положения равновесия. При включении установки деталь силой  $F$  втягивается магнитным полем в полость соленоида с некоторым ускорением и совершает внутри полости колебательные движения. Таким образом, деталь многократно пересекает магнитный поток. Используя данную методику, ученые изучают влияние магнитного поля на кривые фазовых переходов при охлаждении, изменение физико-химических и технологических характеристик. Однако этот метод отличается низкой производительно-

стью и неравномерностью полученных свойств упрочняемых изделий, особенно удлиненной формы.

Учеными Физико-технического института Национальной академии наук Беларуси был разработан новый способ улучшения прочностных свойств стальных изделий, в том числе закаленных, путем воздействия сильным импульсным электромагнитным полем. Он осуществлялся следующим образом. В многовитковый индуктор магнитно-импульсной установки помещали партию исследуемых образцов. Образцы имели сферическую форму и были изготовлены из стали ШХ15 диаметром 3/8". Они были изолированы от витков индуктора диэлектриком. Затем производился разряд накопительных конденсаторов через витки индуктора. При этом напряженность поля задавалась не менее  $10^7$  В/м, длительность импульсов – не более 0,001 с, а необходимое для упрочнения число импульсов выбирали из интервала от 1 до 5. Магнитное поле в индукторе наводило вихревые токи в образцах и вызывало силы отталкивания между индуктором и образцом. Данные силы сжимали шарик по всему объему. В результате этого в нем происходили фазовые и структурные изменения, структура становилась однородной, выравнивались напряжения, повышалась прочность исследуемого образца. Так как цикл обработки с выгрузкой образцов занимает не более одной секунды, то производительность процесса может быть очень высокой. На данный способ был получен патент № 20070467.

Актуальность исследований в этом направлении обусловлена сложностью и недостаточной изученностью механизмов и эффектов, сопровождающих процессы упрочнения поверхностных слоев изделий с заранее заданными свойствами в условиях высоких скоростей энергетического воздействия. Целью дальнейших проводимых экспериментов являлась проверка эффективности способа упрочнения импульсным магнитным полем стальных изделий цилиндрической формы и изучение его влияния на структуру и механические свойства образцов. За критерий оптимальности данного процесса была принята конечная поверхностная микротвердость сталей.

Обработка осуществлялась на установке МИУ СФТ 9.120.00.00.000, изготовленной в Физико-техническом институте. Так как магнитно-импульсное упрочнение деталей основано на взаимодействии импульсного магнитного поля с металлической заготовкой, то установка для магнитно-импульсной обработки металлов представляет собой генератор импульсного тока (ГИТ), состоящий из емкостного накопителя электрической энергии — высоковольтной конденсаторной батареи, рабочего органа — индуктора и коммутирующего устройства — высоковольтного управляемого разрядника. С помощью разрядника производится разряд конденсаторной батареи на индуктор.

Ёмкостный накопитель заряжается до необходимой для данной технологической операции энергии с помощью зарядного устройства. Рабочие разряды накопителя производятся при помощи устройства поджига, включающего разрядник. Установка МИУ имеет ГИТ с максимально запасаемой энергией 6,8кДж.

Каждый узел станка выполняет определенные функции. Емкостной накопитель представляет собой высоковольтную конденсаторную батарею, состоящую из конденсаторов емкостью 300 микрофарад, соединенных определенным образом с помощью коаксиального кабеля. Для зарядки конденсаторной батареи используется специальное зарядное устройство, выполненное по схеме трансформаторного мостового емкостного преобразователя (МЕП), представляющего собой источник тока. Узел замыкателя слу-

жит для прекращения заряда в случае выхода из строя схемы управления зарядом и при отключении питания. Питание МЭП осуществляется от однофазного сетевого напряжения. Трансформатор служит для согласования нагрузки с мостовым емкостным преобразователем. По окончании зарядки конденсаторная батарея с помощью специального устройства-разрядника разряжается на индуктор.

Медленный разряд накопителя в случае необходимости производится на резисторы мощностью не менее 1200 Вт с помощью замыкателя. Контроль напряжения на накопителе осуществляется с помощью киловольтметра. Устройство поджига предназначено для управления высоковольтным разрядником и включает в себя трансформатор повышающий, выпрямитель умножитель напряжения, конденсаторы, резистивный делитель напряжения и схему поджига на разряднике Р-29. При поступлении сигнала на поджиг с блока управления включается блок поджига, конденсатор подключается к управляющим электродам игнитрона ИРТ-6 через разрядника Р-29 и происходит разряд рабочего конденсатора на индуктор.

Для управления процессом магнитно-импульсного упрочнения используется устройство управления. Оно предназначено для управления зарядом и разрядом накопителя и включает в себя схему управления на реле времени ВЛ-159М, а также исполнительные устройства на реле и магнитных пускателях. Устройство управления позволяет устанавливать режим обработки изделия, то есть задается определенная энергия импульса с помощью задания времени заряда при помощи программируемого реле времени ВЛ-159М, которое управляет режимом обработки изделия. Это дает возможность более точно подбирать режимы обработки изделий и использовать данную установку для научных исследований. На рисунке 1 изображена панель управления установки.



Рисунок 1 – Панель управления установки:

1 - световой индикатор «СЕТЬ»; 2 - световой индикатор «ЗАЗЕМЛЕНО»; 3 - световой индикатор высокого напряжения «ВЫСОКОЕ»; 4 - кнопка «РАБОТА» – задание рабочего режима; 5 - кнопка «ПУСК» – включение заданного режима обработки; 6 - кнопка «СТОП» – выключение рабочего режима; 7 - автомат включения установки «ВКЛ.»; 8 - управляющее реле времени ВЛ-159М «ВРЕМЯ ЗАРЯДА»; 9 - киловольтметр «НАПРЯЖЕНИЕ»

С использованием программируемого реле времени ВЛ-159М выбирается тип функциональной диаграммы и устанавливается необходимое время выдержки в соответствие с таблицей 1. Поджиг и разряд происходит автоматически по установленным режимам, в результате чего осуществляется обработка загруженной детали.

Таблица 1 – Время – энергия

Время, с	1	2	3	4	5	6	7	8	8,5
Напряжение, В	1400	2400	3300	3900	4400	4800	5100	5400	5500
Энергия, Дж	440	1300	2450	3400	4360	5180	5850	6560	6800

В качестве объекта исследований использовались цилиндрические образцы диаметром 10 мм (так как цилиндрический индуктор изготовлен данного диаметра) из стали ШХ15 длиной 8 мм. Образцы были изготовлены из одного калиброванного прутка диаметра 12 мм.

Обработка образцов производилась в следующей последовательности: установка образцов в индуктор, выбор режимов обработки, воздействие на образцы импульсного магнитного поля, снятие обработанных образцов и последующая выдержка в течение 24 часов. Выдержка образцов после обработки необходима для завершения внутренних процессов, связанных с рассеянием электромагнитной энергии в материале.[3]

Для проведения эксперимента были выбраны следующие комбинации режимов обработки, представленные в таблице 2.

Таблица 2 – Режимы обработки образцов

№ образца	Энергия, Дж	Количество импульсов
1	6560	2
2	6560	3
3	6560	4
4	6560	5
5	6560	6
6	6560	7
7	6560	8
8	6560	9

В ходе проведения эксперимента проводились измерения микротвердости по глубине обработки образцов, обработанных при различной величине мощности и количества импульсов для дальнейшего сопоставления величин измеренной микротвердости с режимами обработки. Измерения проводились на микрошлифах твердомером ПМТ-3 по общепринятой методике в соответствии с ГОСТ 9450-60.

На рисунке 2 в графическом виде представлено распределение микротвердости по глубине от поверхности образцов, обработанных при заданной мощности и количестве импульсов.

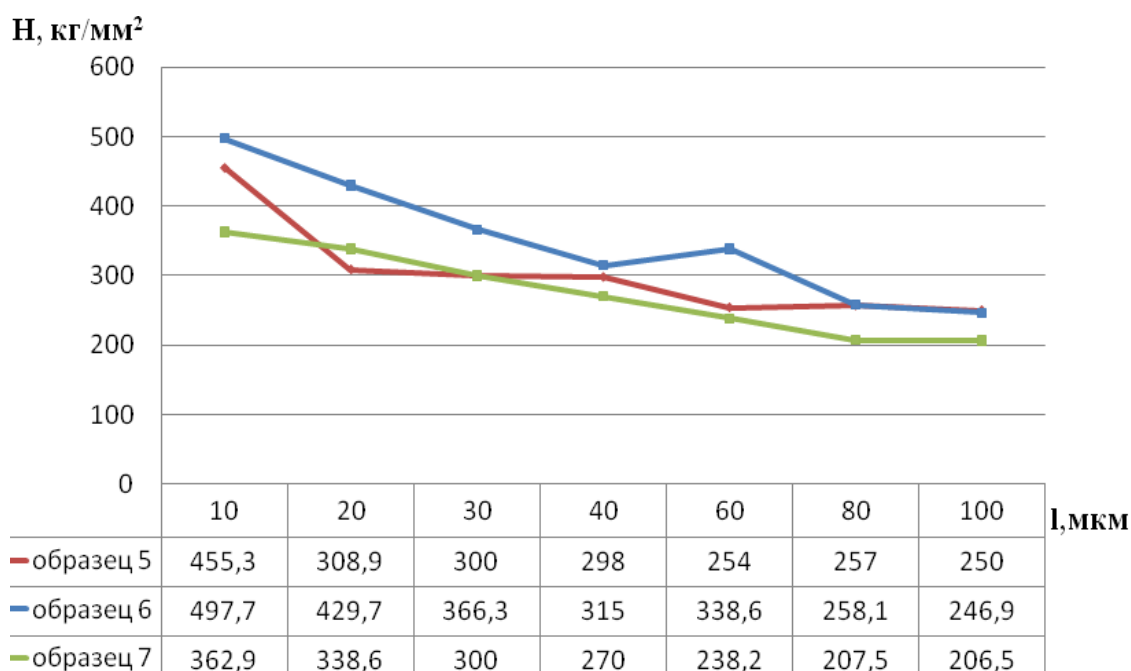


Рисунок 2 – Распределение микротвердости по глубине от поверхности образцов

Среднее значение микротвердости образцов до обработки составляло 240 кг/мм<sup>2</sup>. Анализ представленных зависимостей показывает, что микротвердость обработанных образцов увеличилась на 40 - 50 %. Глубина упрочненного слоя составляет 80-100 мкм.

На рисунке 3 представлена фотография шлифа образца 7 после магнитно-импульсной обработки. На ней четко видно увеличение отпечатка индентора при удалении от края образца, что свидетельствует о уменьшении микротвердости стали.



Рисунок 3 – Фотография шлифа образца 7

Сущность новой технологии магнитно-импульсного упрочнения состоит в том, что при магнитно-импульсном воздействии вещество изменяет свои физические и механические свойства. Взаимодействие импульсного магнитного поля с деталью из токопроводящего материала происходит тем интенсивнее, чем выше структурная и энер-

гетическая неоднородность материала. Поэтому, чем выше концентрация поверхностных и внутренних напряжений в металлических деталях, тем больше вероятность локальной концентрации в них микровихрей внешнего поля, которые нагревают участки вокруг кристаллов напряженных блоков и неоднородностей структуры металла. Градиент теплового потока при МИО тем выше, чем менее однородна структура металла. После обработки микроструктура сплава улучшается, что ведет за собой и изменение физических и механических характеристик вещества. Сказанное подтверждается результатами проведенных испытаний.

#### Библиографический список

1. Алифанов, А.В. Магнитно-импульсная упрочняющая обработка металлических изделий/ А.В. Алифанов//Технология ремонта, восстановления и упрочнения деталей машин, механизмов, инструмента и технологической оснастки : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Санкт-Петербург, 10-13 апр. 2007. – Ч. 2. – С. 9-15.
2. Способ упрочнения металлических закаленных шариков: пат. №20070467 Респ. Беларусь / А.В. Алифанов, А.А. Лях, В.Н. Алехнович, Е.С. Амелянчик, Ю.И. Кривонос, А.А. Лях; заявитель ФТИ НАНБ, заявка от 24.04.07г., зарегистр. 19.08.2008 г. на способ.
3. Малыгин, Б.В. Магнитное упрочнение инструментов и деталей машин/Б.В. Малыгин. – М.: Машиностроение, 1998. – 130 с.
4. Импульсные методы обработки материалов/ АН БССР, Физ.-техн. ин-т. – Мн.: Наука и техника, 1977.-216 с.
5. Граник, Г.И. Влияние магнитного поля на превращения в некоторых сталях/Г.И. Граник/ Моск. ин-т стали и сплавов. – М.,1964. – 16 с.
6. Белый, В.И. Справочник по магнитно-импульсной обработке металлов/ В.И. Белый, С.М. Фертик, Л.Т. Хименко. – Киев : Вища школа, 1977. – 168 с.

**Германович А.О., Мохов С. П. (БГТУ, г. Минск, РБ) [18german@tut.by](mailto:18german@tut.by)**

### **ВЛИЯНИЕ ВЫНУЖДЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ НА РАБОТУ РУБИЛЬНОЙ МАШИНЫ EFFECT OF FORCED OSCILLATIONS ON CHIPPING MACHINERY OPERATION**

*The article deals with free and forced oscillations in chipping machinery. It is considered the equitation of motion to determine natural frequencies spectrum. Amplitude-frequency characteristics of the chipper are given.*

Республика Беларусь относится к категории стран, которые не обладают значительными собственными топливно-энергетическими ресурсами (собственные ресурсы ископаемых энергоносителей составляют не более 15% от потребности). Переработка



отходов лесозаготовок является одной из наиболее доступных и в то же время эффективных технологий переработки всей биомассы дерева. Переработка древесины, остающейся на лесосеке при рубках главного пользования, а также древесины, получаемой при рубках ухода за лесом, привело к созданию передвижных систем машин для заготовки щепы непосредственно на лесосеке. Опыт скандинавских стран, где доля древесного топлива в энергетическом балансе доходит до 20% показывает, что для измельчения древесины и древесных отходов при производстве топливной щепы оптимально использовать мобильные рубильные машины.

Максимальная скорость вращения рабочего органа барабанной рубильной машины достигает 1000 об/мин, что соответственно приводит к значительным динамическим нагрузкам. При этом работа рубильной машины связана с резко переменным характером воздействия технологической или полезной нагрузки [1]. Вследствие этого при измельчении древесного сырья появляются колебания, учет которых необходим при проектировании рубильной машины.

Колебания это негативное явление, поскольку они передаются составным элементам конструкции и могут нарушать планируемые законы движения машин и систем управления. Из-за вибрации увеличиваются динамические нагрузки в элементах конструкций, в результате чего снижается несущая способность деталей и возникает их разрушение. Вибрация порождает шум и оказывает вредное воздействие на оператора, который всегда находится непосредственно рядом с рубильным модулем. Наиболее вредное воздействие на организм человека оказывают низкочастотные колебания. Опыт эксплуатации показывает, что операторы имеют повышенную утомляемость, что снижает производительность их работы. Поэтому возникает необходимость в методах оценки и способах уменьшения виброактивности.

Основной задачей динамического исследования является определение движения системы, т. е. нахождение независимых, изменяющихся по времени координат (степеней свободы), определяющих положение всех масс данной системы [2, 3, 4].

В общем случае число степеней свободы механической системы (рубильной машины) бесконечно велико, так как свойство деформативности и инерции всегда сопровождают друг друга. Упрощения же дают возможность характеризовать данный объект конечным числом степеней свободы. Для практических целей достаточная точность динамического исследования может быть получена при учете некоторых наиболее важных степеней свободы [2].

На рисунке 1б представлена упрощенная расчетная схема для исследования свободных и вынужденных колебаний механической системы (рубильной машины). Данная расчетная схема представляет собой двухмассовую механическую систему, в которой  $m_1$ ,  $m_2$  масса остова и измельчительного модуля рубильной машины соответственно;  $c_1$ ,  $c_2$  жесткость упругих элементов рубильной машины (шин и надрамника измельчительного модуля соответственно);  $x_1$ ,  $x_2$  – вертикальные перемещения соответствующих масс;  $\varphi_1$ ,  $\varphi_2$  – угловые перемещения соответственно масс  $m_1$ ,  $m_2$ ;  $M$  – возмущающий момент.

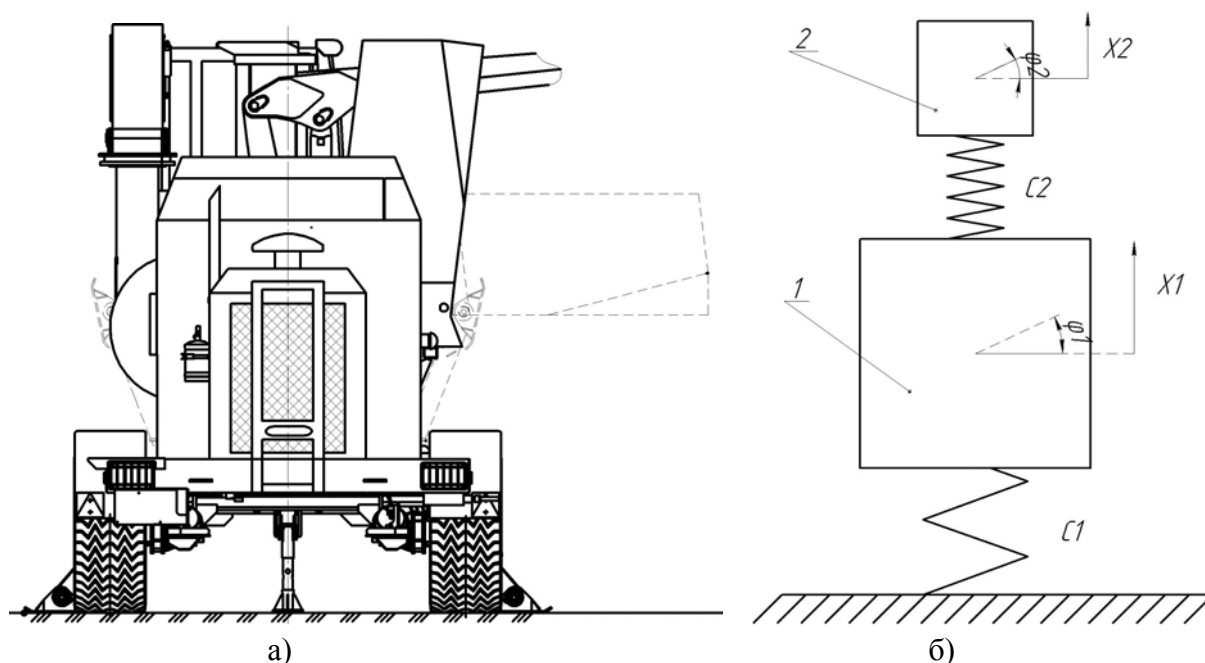


Рисунок 1 – Рубильная машина:

а) вид рубильной машины, б) упрощенная расчетная схема рубильной машины

Для получения уравнений движения механической системы было применено уравнение Лагранжа второго рода [5]

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial T}{\partial \dot{q}_j} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_j} = - \frac{\partial U}{\partial q_j} + Q_j, \quad (1)$$

в следствии, чего было получена система линейных однородных дифференциальных уравнений второго порядка с постоянными коэффициентами.

$$\begin{cases} \frac{3}{2} m_1 \cdot \ddot{x}_1 + c_{11} \cdot x_1 - c_{12} \cdot x_2 = 0 \\ \frac{3}{2} m_2 \cdot \ddot{x}_2 + c_{22} \cdot x_2 - c_{12} \cdot x_1 = 0 \end{cases} \quad (2)$$

где  $c_{11} = \tilde{n}_1 + \tilde{n}_2$ ;  $c_{22} = c_2$ ;  $c_{12} = c_2$  – обобщенные коэффициенты жесткости.

Решение этих уравнений искали в виде

$$x_1 = A \cdot \sin(kt + \delta)$$

$$x_2 = B \cdot \sin(kt + \delta)$$

где  $A, B, k, \delta$  – неизвестные постоянные.

Вычислив производные от  $x_1, x_2$  по времени и подставив в уравнение (2) (при этом для того чтобы эти равенства выполнялись тождественно при любых значения  $t$ , коэффициенты при тригонометрических функциях должны быть равными нулю), получим систему однородных линейных алгебраических уравнений.

$$\begin{cases} \left( \frac{3}{2} m_1 \cdot k^2 - c_{11} \right) \cdot A + c_{12} \cdot B = 0 \\ c_{12} \cdot A + \left( \frac{3}{2} m_2 \cdot k^2 - c_{22} \right) \cdot B = 0 \end{cases}$$

Эта система уравнений имеет нетривиальное решение ( $A=0; B=0$ ), только в том случае, когда определитель системы равен нулю.

$$\Delta = \begin{vmatrix} \frac{3}{2}m_1 \cdot k^2 - c_{11} & c_{12} \\ c_{12} & \frac{3}{2}m_2 \cdot k^2 - c_{22} \end{vmatrix} = 0 \quad (3)$$

Нашли характеристический определитель, а затем получили характеристическое уравнение.

$$\frac{9}{4} \cdot m_1 \cdot m_2 \cdot k^4 - \frac{3}{2} (c_{22} \cdot m_1 + c_{11} \cdot m_2) k^2 + c_{11} \cdot c_{22} - c_{12}^2 = 0 \quad (4)$$

Решение биквадратного уравнения относительно  $k^2$  позволило определить спектр собственных частот рассматриваемой механической системы:  $k_1 = 6,5$  рад/с,  $k_2 = 3,2$  рад/с.

Для исследования вынужденных колебаний системы потребовалось приложить гармоническое возмущение в виде момента  $M = M_0 \sin \omega t$  [5], поэтому уравнение Лагранжа (2) приобрело вид:

$$\begin{cases} \frac{3}{2}m_1 \cdot \ddot{x}_1 + c_{11} \cdot x_1 - c_{12} \cdot x_2 = 0 \\ \frac{3}{2}m_2 \cdot \ddot{x}_2 + c_{22} \cdot x_2 - c_{12} \cdot x_1 = M_0 \sin \omega t \end{cases} \quad (5)$$

Решение неоднородной системы линейных дифференциальных уравнений второго порядка состоит из двух слагаемых, одно из которых является общим решением соответствующей однородной системы уравнений, а второе слагаемое является частным решением неоднородной системы уравнений, которые ищем в виде гармонических колебаний с частотой  $\omega$ :

$$\begin{aligned} x_1^* &= A_1 \sin \omega t \\ x_2^* &= A_2 \sin \omega t, \end{aligned} \quad (6)$$

где  $A_1, A_2$  – амплитуды вынужденных колебаний.

После подстановки в систему дифференциальных уравнений получили неоднородную систему линейных алгебраических уравнений (7), решение которой нашли по методу Крамера.

$$\begin{cases} (\frac{3}{2}m_1 \cdot \omega^2 - c_{11}) \cdot A_1 + c_{12} \cdot A_2 = 0 \\ c_{12} \cdot A_1 + (\frac{3}{2}m_2 \cdot \omega^2 - c_{22}) \cdot A_2 = -M_0 \end{cases} \quad (7)$$

Определитель системы уравнений:

$$\Delta = \frac{9}{4} \cdot m_1 \cdot m_2 \cdot \omega^4 - \frac{3}{2} \cdot (c_{22} \cdot m_1 + c_{11} \cdot m_2) \omega^2 + c_{11} \cdot c_{22} - c_{12}^2. \quad (8)$$

$$\Delta_1 = c_{12} \cdot M_0 \quad (9)$$

$$\Delta_2 = (\frac{3}{2} \cdot m_1 \cdot \omega^2 - c_{11}) M_0 \quad (10)$$

$$A_1 = \frac{\Delta_1}{\Delta} = \frac{c_{12} \cdot M_0}{\frac{9}{4} \cdot m_1 \cdot m_2 (\omega^2 - k_1^2)(\omega^2 - k_2^2)} \quad (11)$$

$$A_2 = \frac{\Delta_2}{\Delta} = \frac{(\frac{3}{2} \cdot m_1 \cdot \omega^2 - c_{11}) M_0}{\frac{9}{4} \cdot m_1 \cdot m_2 (\omega^2 - k_1^2)(\omega^2 - k_2^2)} \quad (12)$$

Статические деформации системы под действием  $M_0$ :

$$A_{10} = \frac{c_{12} \cdot M_0}{\frac{9}{4} \cdot m_1 \cdot m_2 \cdot k_1^2 \cdot k_2^2} \quad (13)$$

$$A_{20} = \frac{-c_{11} \cdot M_0}{\frac{9}{4} \cdot m_1 \cdot m_2 \cdot k_1^2 \cdot k_2^2} \quad (14)$$

Введем коэффициенты динамичности и построим амплитудно-частотные характеристики (рисунок 2, 3).

$$K_{1A} = \frac{A_1}{A_{10}} = \frac{k_1^2 \cdot k_2^2}{(\omega^2 - k_1^2)(\omega^2 - k_2^2)} \quad (15)$$

$$K_{2A} = \frac{A_2}{A_{20}} = \frac{k_1^2 \cdot k_2^2 \cdot (c_{11} - \frac{3}{2} \cdot m_1 \cdot \omega^2)}{(\omega^2 - k_1^2)(\omega^2 - k_2^2) \cdot c_{11}} \quad (16)$$

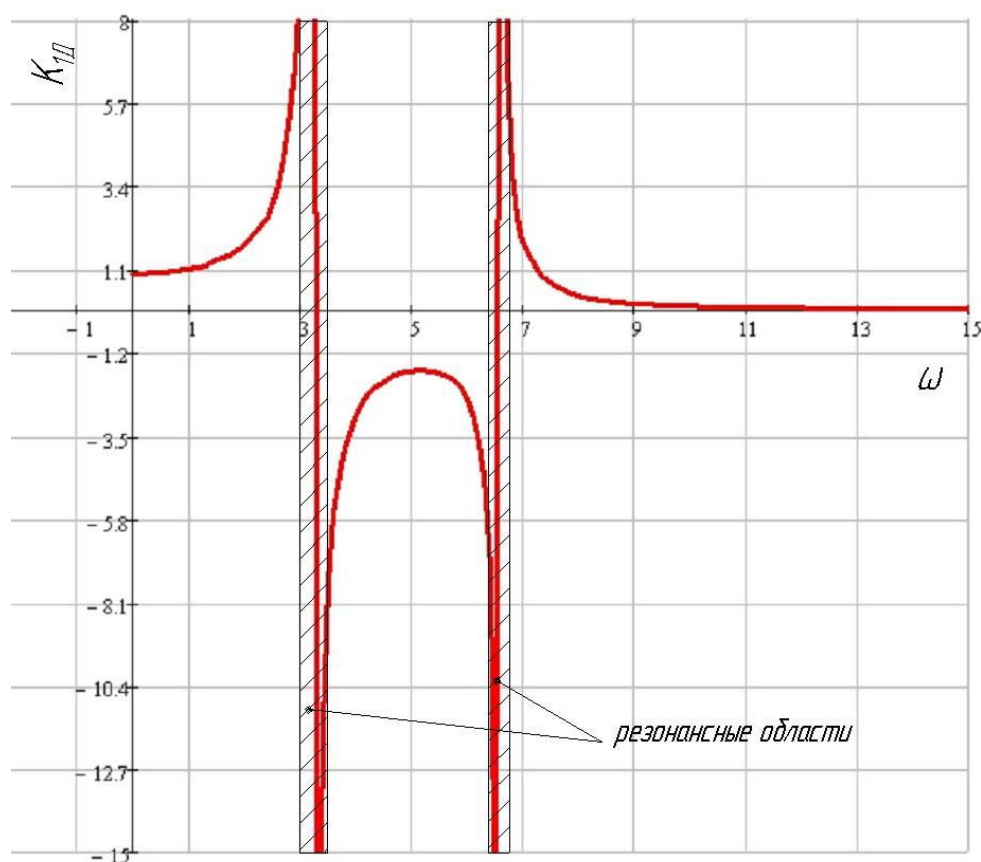


Рисунок 2 – Зависимость коэффициента динамичности  $K_{1A}$  от частоты  $\omega$

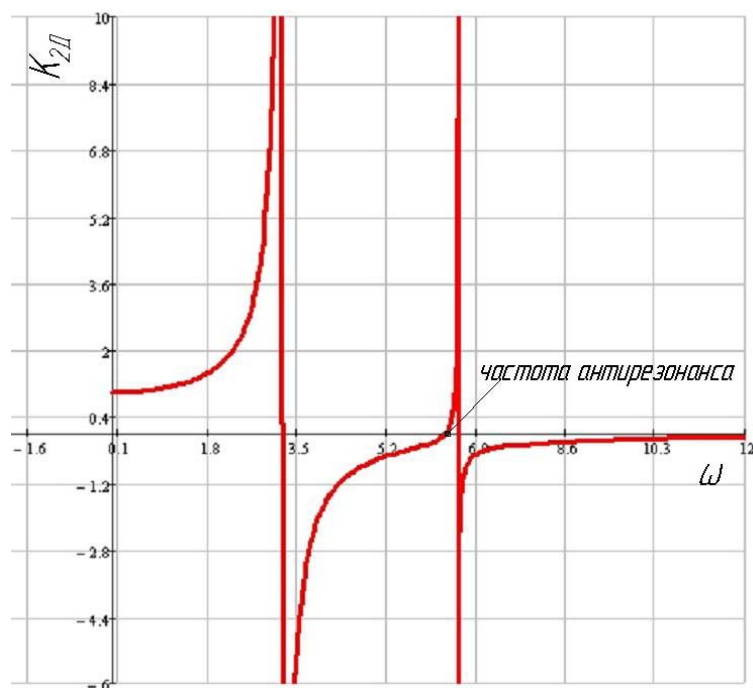


Рисунок 3 – Зависимость коэффициента динамичности  $K_{2Д}$  от частоты  $\omega$

Как видно из приведенных амплитудно-частотных характеристик механической системы (рубильной машины), резонансные области находятся в начальных значениях частот, т. е. явление резонанса возможно в момент разгона рабочего органа, при этом нагрузка на упругий элемент становится очень значительной. Вследствие этого необходимо проходить резонансную область с наибольшей возможной скоростью, так как чем больше скорость перехода через резонанс, тем меньше максимум амплитуд.

### Заключение

В результате проведенных теоретических исследований колебаний рубильной машины был определен спектр собственных частот, а также были построены амплитудно-частотные характеристики рассматриваемой механической системы. Величины частот и амплитуд неточны, так как использовалась упрощенная расчетная схема рубильной машины, которая не учитывает наличие сопротивлений. Но, тем не менее, можно сделать вывод, что влияние вынужденных колебаний достаточно значительное (при явлении резонанса). Так как резонанс приводит к резкому возрастанию амплитуд. Вследствие этого, происходит увеличение динамических нагрузок в элементах конструкции.

Таким образом, построенные амплитудно-частотные характеристики механической системы (рубильной машины) дают возможность проанализировать работоспособность выбранной схемы на промежуточных стадиях проектирования с целью выбора наиболее рациональных параметров системы.

### Библиографический список

1. Вальщиков, Н.М. Рубильные машины: Учебник для вузов / Н.М. Вальщиков – Ленинград: Машиностроение, 1970.

2. Жуков, А.В. Колебания лесотранспортных машин: Учебник для вузов / А.В. Жуков, И.И. Леонович – Мн.: БГУ, 1973.
3. Жуков, А.В. Проектирование лесопромышленного оборудования : Учебник для вузов / А.В. Жуков – Мн.: Выш. шк., 1990.
4. Жуков, А.В. Теория лесных машин : Учебное пособие для студентов вузов / А.В. Жуков – Мн.: БГТУ, 2001.
5. Белов, В.В. Динамика машин и виброзащита. Учебное пособие / В.В. Белов, Г.М. Хвесько – Мн.: БГТУ, 2009.

Глебов И.Т. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ) [GIT5@yandex.ru](mailto:GIT5@yandex.ru)

## РАСЧЕТ МОЩНОСТИ ЦЕНТРОБЕЖНОГО СТРУЖЕЧНОГО СТАНКА

### CALCULATION OF CAPACITY FOR CENTRIFUGAL SHAVING EQUIPMENT

*Calculation of capacity for centrifugal shaving equipment is presented in the article.*

В производстве многослойных древесностружечных плит стружку для внутренних слоев получают из щепы на центробежных стружечных станках. При этом в литературе не описана четкая методика расчета мощности таких станков, что создает трудности при их проектировании в курсовых и дипломных проектах.

Схема центробежного стружечного станка показана на рисунке. Станок включает вращающуюся крыльчатку с лопастями 1 и вращающийся в противоположном направлении ножевой барабан 2.

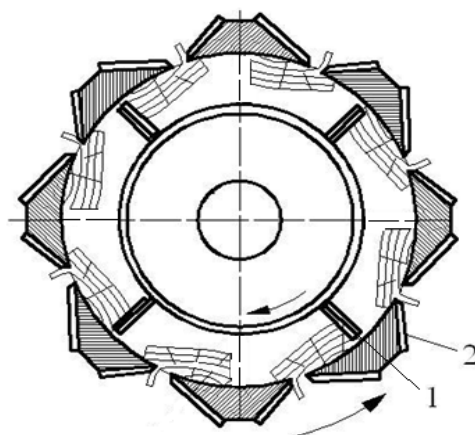


Рисунок – Схема центробежного стружечного станка

Щепа загружается в ножевой барабан непрерывным потоком шнековым дозатором. Частицы щепы падают вниз, разбрасываются и увлекаются в движение вращающимися лопастями крыльчатки. Под действием центробежных сил частицы щепы прижимаются к внутренней поверхности ножевого барабана, образуя вращающееся кольцо, которое вращается в барабане лопастями. При движении частицы надвигаются на

режущие кромки ножей, которые тормозят их движение, сдвигают к лопастям, и под напором лопастей с частиц срезается стружка. Кольцо частиц становится неравномерным в виде груд частиц, расположенных около лопастей.

Ниже изложена методика расчета мощности станка.

**Исходные данные.** На центробежном станке перерабатывается щепа на стружку для производства древесностружечных плит. Породный состав щепы: сосна – 50%, береза – 20%, осина 30%. Влажность  $W=80\%$ . Средние размеры щепы, мм:  $20 \times 10 \times 8$ . Внутренний диаметр барабана  $D_{\delta} = 1200$  мм, диаметр крыльчатки  $D_{кр} = 1195$  мм, частота вращения барабана  $n_{\delta} = 50$  мин<sup>-1</sup>, крыльчатки –  $n_{кр} = 990$  мин<sup>-1</sup>. Величина выступа ножей над внутренней поверхностью барабана  $h = 0,5$  мм, длина ножей  $l_n = 525$  мм, угол резания ножей  $\delta = 55^\circ$ , количество ножей  $z_n = 42$  шт., количество лопастей крыльчатки  $z_k = 18$  шт. КПД приводов крыльчатки  $\eta = 0,92$  и барабана  $\eta = 0,85$ .

*Определить* мощность приводов крыльчатки и барабана.

*Решение.* 1. Находим толщину срезаемого слоя

$$a_c = 0,676h + 0,054 = 0,676 \cdot 0,5 + 0,054 = 0,39 = 0,4 \text{ мм.}$$

2. Скорость резания

$$V = \frac{\pi D_{кр} (n_{\delta} + n_{кр})}{60000} = \frac{3,14 \cdot 1195 \cdot (990 + 50)}{60000} = 65 \text{ м/с.}$$

3. Находим средневзвешенную плотность древесных частиц щепы при влажности  $W=80\%$ , приняв по справочным таблицам значения плотности соответствующих пород древесины: сосны  $\rho_c = 613$  кг/м<sup>3</sup>, березы  $\rho_{\delta} = 940$  кг/м<sup>3</sup>, осины  $\rho_o = 662$  кг/м<sup>3</sup> [1].

$$\rho_{cp} = \rho_c \cdot 0,5 + \rho_{\delta} \cdot 0,2 + \rho_o \cdot 0,3 = 613 \cdot 0,5 + 940 \cdot 0,2 + 662 \cdot 0,3 = 793 \text{ кг/м}^3.$$

4. Находим предельно допустимую производительность станка при влажности щепы  $W=80\%$

$$\Pi = 3600 l_n a_c V z_n \rho_{cp} K / 1000 ,$$

где  $K$  – суммарный коэффициент, учитывающий характер резания, заполнение объема барабана, использование длины ножа, использование машинного и рабочего времени; рекомендуется принимать  $K = 0,005$ .

$$\Pi = 3600 l_n a_c V z_n \rho_{cp} K / 1000 = 3600 \cdot 0,525 \cdot 0,4 \cdot 65,3 \cdot 42 \cdot 793 \cdot 0,005 / 1000 = 8188 \text{ кг/ч.}$$

5. Массовый поток древесных частиц в станке

$$m = \Pi / 3600 = 8188 / 3600 = 2,27 \text{ кг/с.}$$

6. Шаг ножей барабана

$$t_n = \frac{\pi D_{\delta}}{z_n} = \frac{3,14 \cdot 1200}{42} = 89,7 \text{ мм.}$$

7. Находим угловую скорость вращения крыльчатки относительно барабана

$$\omega = \frac{\pi (n_{кр} + n_{\delta})}{30} = \frac{3,14 \cdot (990 + 50)}{30} = 108,85 \text{ с}^{-1}.$$

8. Частицы щепы в ножевом барабане, которые еще не подпираются лопастями крыльчатки, скользят по внутренней поверхности барабана неравномерно, так как ножи тормозят движение частиц.

Средняя угловая частота вращения кольца древесных частиц щепы

$$\omega_{cp} = \omega \frac{z_n}{z_h} = 108,85 \cdot \frac{18}{42} = 46,65 \text{ с}^{-1}.$$

9. Находим среднюю длину рабочей части ножа, равную ширине срезаемого слоя [2]

$$b = \frac{60m}{b_{щ} z_{кр} (a_{щ} - 1)(n_{кр} + n_{\sigma}) \rho_{cp}} = \frac{60 \cdot 1,912}{10 \cdot 18 \cdot (8 - 1)(990 + 50) \cdot 793 \cdot 10^{-9}} = 110,4 \text{ мм}$$

10. Находим среднюю окружную силу резания. Сила резания складывается из двух частей: силы срезания стружки и силы трения щепы по поверхности барабана.

Сила срезания стружки

$$F_{x1} = F_{y\partial} a b z_n \frac{b_{щ}}{t_n},$$

где  $F_{y\partial}$  – удельная сила резания, МПа. Возможно резание как продольное, так и поперечное. Принимаем резание продольно-поперечное с углом скола  $\varphi_c = 45^\circ$ .

Находим:

– фиктивную силу резания

$$p_{\#-//} = 0,98 + 0,59 \cos^2 \varphi_c = 0,98 + 0,59 \cos^2 45^\circ = 1,3 \text{ Н/мм};$$

$$k_{\#-//} = 0,029\delta + CV' - 0,59 + (0,167\delta + (0,069 - C)V' - 4,81) \cos^2 \varphi_c = \\ = 0,029 \cdot 55 + 0,059 \cdot 65 - 0,59 + (0,167 \cdot 55 + (0,069 - 0,059) \cdot 65 - 4,81) \cos^2 45^\circ = 8,2 \text{ МПа};$$

– приведенный коэффициент на породу

$$a_n = a_c \cdot 0,5 + a_{\sigma} \cdot 0,2 + a_o \cdot 0,3 = 1 \cdot 0,5 + 1,25 \cdot 0,2 + 0,85 \cdot 0,3 = 1,0;$$

– значение удельной силы резания при коэффициенте на влажность  $a_w = 0,87$

$$F_{y\partial} = a_n a_w (k + \frac{p}{a_c}) = 1 \cdot 0,87 \cdot (8,2 + \frac{1,3}{0,4}) = 10,0 \text{ МПа}.$$

Находим окружную силу резания

$$F_{x1} = F_{y\partial} a b z_n \frac{b_{щ}}{t_n} = 10 \cdot 0,4 \cdot 110,4 \cdot 42 \frac{10}{89,7} = 2059,7 \text{ Н}$$

11. Окружная сила трения щепы по поверхности барабана

$$F_{xm} = m \omega_{cp}^2 \frac{D_{кр}}{2} f \frac{(t_n - 25) z_n}{\pi D_{\sigma}},$$

где  $f$  – коэффициент трения скольжения;  $f = 0,35$ ;

25 – расстояние пролета частицы щепы за ножом до места контакта с поверхностью барабана [2].

$$F_{xm} = 2,27 \cdot 46,65^2 \cdot \frac{1,195}{2} \cdot 0,35 \frac{(89,7 - 25) \cdot 42}{3,14 \cdot 1200} = 746,7 \text{ Н}.$$

12. Окружная сила сопротивления на барабане

$$F_x = F_{x1} + F_{xm} = 2059,7 + 746,7 = 2806,4 \text{ Н}.$$



13. Окружная скорость вращения крыльчатки и барабана

$$V_{кр} = \frac{\pi D_{кр} n_{кр}}{60000} = \frac{3,14 \cdot 1195 \cdot 990}{60000} = 61,9 \text{ м/с.}$$

$$V_{б} = \frac{\pi D_{б} n_{б}}{60000} = \frac{3,14 \cdot 1200 \cdot 50}{60000} = 3,14 \text{ м/с.}$$

14. Мощность на крыльчатке

$$P = \frac{F_x V_{кр}}{1000\eta} = \frac{2806,4 \cdot 61,9}{1000 \cdot 0,92} = 188,9 \text{ кВт.}$$

12. Мощность на барабане

$$P = \frac{F_x V_{б}}{1000\eta} = \frac{2806,4 \cdot 3,14}{1000 \cdot 0,85} = 10,4 \text{ кВт.}$$

#### Библиографический список

1. Отлев, И.А. Технологические расчеты в производстве древесностружечных плит / И.А. Отлев. – М.: Лесн. пром-сть, 1979. – 240 с.
2. Модлин, Б.Д. Изготовление стружки для древесностружечных плит / Б.Д. Модлин, А.А. Хатилович. – М.: Лесн. пром-сть, 1988. – 152 с.

**Глебов И.Т.** (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ) [GIT5@yandex.ru](mailto:GIT5@yandex.ru)

## РОЛЬ ПАЗУХ ЛЕНТОЧНОЙ ПИЛЫ ПРИ ПИЛЕНИИ FUNCTION OF BAND SAW GULLETS IN SAWING

*Process of filling band saw gullets with chips and influence of the process on feed speed of a machine are described.*

На мелких лесопильных предприятиях страны широко используются горизонтальные ленточнопильные станки. Однако при назначении режимов пиления допускаются ошибки из-за отсутствия четкого понимания процесса выноса опилок из пропила.

Пропил – это узкая щель, образуемая режущими кромками зубьев пилы. Срезаемая стружка, преодолевая силы трения  $F_t$  по стенкам пропила и передней поверхности зуба, попадает в междузубную впадину, постепенно заполняя ее.

Но режущие кромки зубьев при продольном пилении древесины выполняют торцовое резание, при котором стружка образуется в виде слабосвязанных между собой отдельных перерезанных волокон. Стружка, скользящая по передней грани зуба, непрочная, легко рассыпается на мелкие элементы (опилки). Стружка вблизи режущей кромки зуба сохраняет пока форму ленты, прижатой к передней грани силой инерции  $F_u = ma$ , где  $m$ ,  $a$  – соответственно масса и ускорение стружки, у которой скорость движения в течение доли секунды изменилась от 0 в массиве до  $V$  на передней грани зуба.

В междузубной пазухе скорость движения стружки уже не меняется, ускорение ее равно нулю и  $F_u = 0$ . В этот момент на стружку будет действовать только сила гра-

витаии и сила трения  $F_T$ . Под действием этих сил стружка рассыпается на отдельные опилки в пределах междузубной пазухи.

Следует учесть, что скорость резания ленточнопильного станка  $V = 30 \dots 40$  м/с, а высота пропила  $t$  может быть до 1000 мм и более. В этих условиях процесс стружкообразования, заполнения междузубной пазухи и выноса опилок из пропила происходит в течение около 0,025 с. Режущая кромки зуба пилы выстреливает со скоростью  $V = 30 \dots 40$  м/с факел опилок в междузубную пазуху, и опилки занимают весь объем пазухи. Конечно заполнение пазухи не равномерное, опилки не жидкость и не могут легко перетекать. При большом количестве опилок они в пазухе спрессовываются в брикет. На основании исследований по сжатию древесины в замкнутом пространстве плотность брикета может быть в 1,5...2,0 раза больше плотности массивной древесины. При увеличении плотности брикета в 2,0...2,5 раза дальнейшее сжатие брикета становится невозможным, междузубная пазуха закупоривается и не может более принимать опилки. Зубья пилы заклиниваются в древесине. Наступает отказ технологической системы, связанный с обрывом пилы или поломкой другого элемента станка.

Если брикет опилок междузубной пазухи достаточно плотный, то он, взаимодействуя со стенками пропила, демпфирует поперечные колебания зубьев пилы, стенки пропила получаются достаточно гладкими. Если брикет опилок слишком рыхлый, то он плохо демпфирует пилу, и пила с разведенными зубьями начинает вибрировать в поперечном направлении, образуя поверхность стенок пропила подобно поверхности стиральной доски.

С образованием плотного брикета давление внутри его увеличивается. Брикет давит на стенки пропила, трется о них при движении пилы, опилки на поверхности брикета нагреваются. На выходе из бревна можно ощущать их тепло.

Опилки брикета, заключенные между стенками пропила, перемещаются передней гранью зуба, как скребком. При этом под действием сил трения опилки измельчаются. Отдельные опилки под действием сил трения могут быть затянуты под и на боковую поверхность зуба. Поскольку коэффициент трения опилок с древесиной стенок пропила больше чем коэффициент трения опилок с пилой, то затянутые опилки будут неподвижны, и пила будет тереться о них. Зубчатая кромка пилы при этом интенсивно нагревается, удлиняется и теряет устойчивость в пропиле.

Происходит зарезание зуба вбок с образованием волны на поверхности пиломатериала.

Объем брикета опилок, поступающих в междузубную пазуху, должен быть не более объема самой пазухи,

$$\frac{S_z t b}{\sigma} \leq b f. \quad (1)$$

Отсюда получим допустимое значение подачи на зуб, мм

$$S_z = \frac{\sigma f}{t}, \quad (2)$$

где  $f$  – площадь междузубной пазухи;

$b$  – ширина пропила, мм;  $b = S + 2S'$ , где  $S$  – толщина полотна пилы, мм;  $S'$  – величина уширения зубьев на сторону,  $S' = 0,4 \dots 0,8$  мм.

$S_z$  – предельно допустимая величина подачи на один зуб пилы, мм;

$t$  – высота пропила, мм;

$\sigma$  – степень уплотнения брикета опилок в междузубной пазухе;  $0,25 \leq \sigma \leq 1,5$   
Степень уплотнения зависит от породы древесины, ее влажности. Можно предположить, что для мягкой древесины сосны, имеющей плотность  $510 \text{ кг/м}^3$ , максимальное значение  $\sigma = 1,5$ , а для древесины дуба с плотностью  $690 \text{ кг/м}^3$  максимальное значение  $\sigma = 1,1$ .

Из (2) следует, что чем больше площадь междузубной пазухи, тем с большим значением подачи на зуб и скоростью подачи можно пилить на станке.

*Пример.* На горизонтальном ленточнопильном станке распиливаются сосновые брусья, высота пропила  $t = 100 \text{ мм}$ . Диаметр шкивов  $D = 740 \text{ мм}$ , частота их вращения  $n = 900 \text{ мин}^{-1}$ . Пила (рис. 1):  $B=50 \text{ мм}$ ,  $S = 1 \text{ мм}$ ,  $S' = 0,6 \text{ мм}$ ,  $\sigma = 0,7$ .

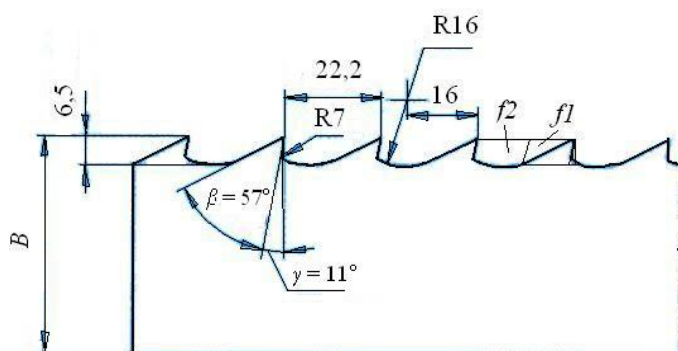


Рисунок 1 – Пила ленточная

Найдем площадь междузубной пазухи:  $f = f_1 + f_2$ .

Опуская выводы, получим

$$f = f_1 + f_2 = 4818 + 3152 = 79,69 \text{ мм}^2.$$

Допустимое значение подачи на зуб, мм

$$S_z = \frac{\sigma f}{t} = \frac{0,7 \cdot 79,69}{100} = 0,558 \text{ мм}.$$

Скорость подачи станка

$$V_s = \frac{S_z n \pi D}{1000 t_s} = \frac{0,558 \cdot 900 \cdot 3,14 \cdot 740}{1000 \cdot 22,2} = 52,58 \text{ м/мин}.$$

При пилении той же пилой при  $t = 600 \text{ мм}$ ,  $\sigma = 0,9$ ,  $S_z = 0,12 \text{ мм}$ ,  $V_s = 11,27 \text{ м/мин}$ .

Практики, работающие на бревнопильных горизонтальных ленточнопильных станках узкими пилами, контролируют правильность выбранного режима пиления по плотности и температуре опилок. Опилки, оставшиеся на нижней стенке пропила после выхода пилы из бревна, должны быть на ощупь слегка уплотнены и теплыми, а не горячими или холодными. Если опилки рыхлые и холодные, то это означает, что пила недостаточно нагружена. Надо увеличить скорость подачи. Если опилки плотные и горячие, то пила перегружена, надо уменьшить скорость подачи.

Из сказанного следует:

– если на станке отвод тепла от пилы не предусмотрен, то степень уплотнения брикета можно принять  $0,25 \leq \sigma \leq 1$  и объем брикета опилок в междузубной пазухе не должен превышать объема самой междузубной пазухи;

– если на ленточнопильном станке налажен надежный отвод тепла от пилы и пилы достаточно жесткие, то можно допустить степень уплотнения опилок в междузубной пазухе  $1 \leq \sigma \leq 1,5$ .

**Голякевич С.А., Гороновский А.Р.**

(БГТУ, г. Минск, Республика Беларусь) [sergeyag87@gmail.ru](mailto:sergeyag87@gmail.ru)

## **ОЦЕНКА НАГРУЖЕННОСТИ ОПОР МАНИПУЛЯТОРА ХАРВЕСТЕРА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ**

### **LOAD ASSESSMENT FOR HARVESTER MANIPULATOR BEARING PART WHILE OPERATING**

*The article is devoted to load assessment for harvester manipulator bearing part while operating depending on different operational parameters.*

**Введение.** Белорусскими машиностроительными предприятиями для нужд лесопромышленного комплекса налажен выпуск валочно-сучкорезно-раскряжевочных машин (харвестеров) и погрузочно-транспортных машин (форвардеров). С целью удешевления их производства и большей унификации с серийно выпускающимися образцами техники, их несущие конструкции созданы на базе дорожно-строительных (ОАО «Амкодор») и сельскохозяйственных (ПО «МТЗ») тракторов. Отличием этих машин от серийно выпускаемых является наличие в несущих конструкциях шарнирного сочленения полурам, а также установка нового технологического оборудования.

В технологическом цикле работы харвестеров присутствуют операции, выполнение которых приводит к возникновению не характерных для транспортных машин режимов нагружения несущей конструкции и образованию в ней трещин. Ремонт несущей конструкции харвестеров затруднителен в условиях лесозаготовок и требует их транспортировки в специализированные мастерские. Это приводит к длительным простоям машин, недовыполнению плановых показателей работы предприятия и значительным экономическим потерям. Поэтому исследование напряженного состояния элементов несущих конструкций харвестеров на различных операциях технологического цикла, с целью повышения их надежности, является задачей имеющей важное народнохозяйственное значение.

**Основная часть.** Для описания нагрузочных режимов, возникающих при выполнении технологических операций работы харвестера, была разработана динамическая пространственная схема колебаний его манипулятора (рис. 1). Она описывает линейные и угловые колебания в 3 плоскостях и описывается 8 обобщенными координатами. Схема учитывает одновременное влияние нескольких технологических приемов и возникающее при этом перераспределение опорных реакций манипулятора.

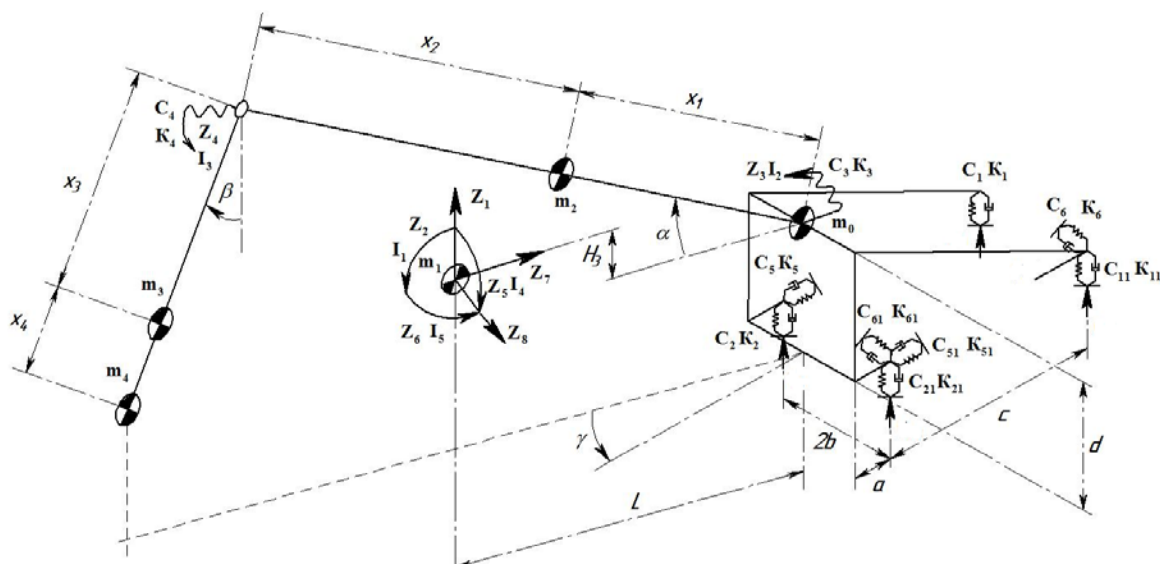


Рисунок 1 – Пространственная динамическая схема манипулятора харвестера

На рисунке 1 приняты следующие обозначения:  $m_0, m_1, m_2, m_3, m_4$  – массы платформы манипулятора, всего манипулятора, стрелы, рукояти и харвестерной головки;  $I_1$  – главный момент инерции вращения манипулятора в продольной вертикальной плоскости;  $I_2$  – момент инерции стрелы относительно ее крепления к поворотной платформе;  $I_3$  – момент инерции рукояти манипулятора с харвестерной головкой в продольной вертикальной плоскости относительно крепления к стреле;  $I_4, I_5$  – главные моменты инерции вращения манипулятора в поперечной вертикальной и горизонтальной плоскостях;  $z_1 - z_8$  – обобщенные координаты перемещения манипулятора в вертикальной плоскости, углов поворота манипулятора, его стрелы и рукояти в продольной вертикальной плоскости, углов поворота манипулятора в поперечной горизонтальной и вертикальной плоскостях, перемещения в продольной горизонтальной и поперечной горизонтальной плоскостях;  $c_1, c_{11}, c_2, c_{21}$  – вертикальные жесткости задних и передних опор манипулятора;  $c_3, c_4$  – приведенная угловая жесткость конструкции стрелы и рукояти;  $c_5, c_{51}, c_6, c_{61}$  – продольные горизонтальные жесткости передних опор манипулятора и поперечные жесткости передних и задних опор манипулятора;  $k_1-k_6, k_{11}, k_{21}, k_{51}, k_{61}$  – соответствующие жесткостям коэффициенты демпфирования;  $\alpha, \beta, \gamma$  – углы поворота стрелы относительно поперечной горизонтальной плоскости, рукояти относительно поперечной вертикальной плоскости, и манипулятора относительно продольной вертикальной плоскости,  $a$  – расстояние между осью вращения поворотной платформы стрелы и вертикальной плоскостью передних опор;  $b$  – расстояние от оси вращения поворотной платформы до продольной вертикальной плоскости опор;  $c$  – расстояние между передними и задними опорами;  $d$  – высота установки стрелы относительно опор.

При разработке математического описания приняты следующие допущения: распределенные массы стрелы рукояти и платформы заменены сосредоточенными; возникающие угловые колебания считаются малыми; жесткости опор линейны; изменение положения центров тяжести элементов при возникающих в системе колебаниях не учитывается; поперечные реакции левых и правых опор считаются равными.

Математическое описание пространственной динамической схемы состоит из 8 дифференциальных уравнений 2-го порядка составленных на основе уравнений Лагранжа 2-го рода, и зависимостей, задающих начальные параметры системы. Они опи-

сывают положения центров тяжести системы в зависимости от кинематического положения манипулятора в пространстве, определяют главные моменты инерции элементов манипулятора и моменты инерции относительно параллельных осей проходящих через места крепления рукоятки к стреле и стрелы к платформе. Функционально задаются изменения значений моментов инерции при различных положениях звеньев манипулятора в пространстве.

Для определения усилий, действующих на несущую систему харвестера, рассмотрены характерные нагрузочные режимы: отрыв дерева от пня и обрезка сучьев с дерева путем его протаскивания в харвестерной головке.

Протаскивание дерева в харвестерной головке разделено на 2 периода: разгон – при движении ее в бессучковой зоне ствола и движение в сучковой зоне.

Усилия, действующие на манипулятор при разгоне харвестерной головки зависят от параметров самого дерева и от характеристик привода харвестерной головки. В работах [1,2] показано, что эффективные режимы работы харвестерной головки и ее привода при очистке от сучьев деревьев различного диаметра могут быть получены посредством применения критерия энергетического потенциала производительности. Эти режимы работы харвестерной головки были положены в основу дальнейших исследований.

Разгон харвестерной головки до заданной скорости сопровождается возникновением сил инерции поступательно движущегося дерева  $\Phi$  и сил сопротивления волочению кроны  $F_{вол.}$  (рис. 2). Величины этих сил зависят от таксационных параметров обрабатываемых деревьев, состояния поверхности волочения и заданных ускорений валцов харвестерной головки. Силы инерции дерева при разгоне изменяются в диапазоне от 1,26 кН для деревьев с  $d_{1,3}=12$ см, до 14,9 кН при  $d_{1,3}=32$ см. Значения начальных ускорений  $a_{прот}$  при этом варьируются в пределах 20-50 м/с<sup>2</sup>.

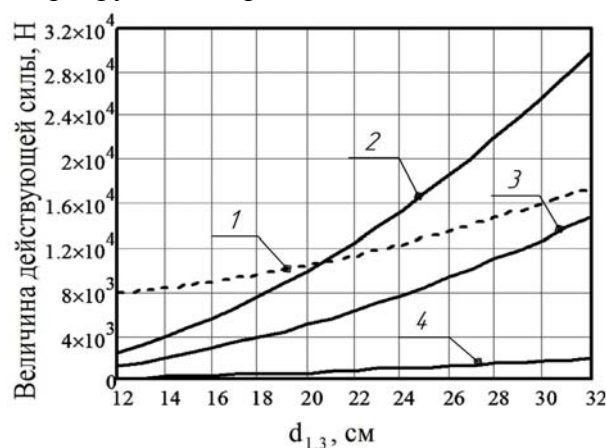


Рисунок 2 – Изменение усилий, на операции очистки деревьев от сучьев

1 - сила сопротивления резанию сучьев; 2, 3 - сила инерции движущегося дерева ( $a_{прот}=40$  м/с<sup>2</sup> и  $a_{прот}=20$ м/с<sup>2</sup>); 4 - сила сопротивления волочению кроны

Значительные величины ускорений при разгоне харвестерной головки обусловлены необходимостью достижения рабочих скоростей протаскивания еще в бессучковой зоне ствола дерева, протяженность которой различна для деревьев разного породного и возрастного состава. Суммарная поперечная сила действующая на рукоять ма-



нипулятора при этом достигает величины 31,7 кН при  $d_{1,3}=32\text{см}$ , и не может превышать максимального тягового усилия харвестерной головки.

При движении харвестерной головки в сучковой зоне дерева влияние на нагруженность манипулятора оказывают усилия сопротивления резанию сучьев. Их величина (рис. 2) рассчитывается по известным формулам [3], и в зависимости от параметров деревьев изменяется в диапазоне от 7,8 кН до 17,5 кН.

При отрыве дерева от пня с минимальным предварительным натягом, значения величин вертикальных опорных реакций распределены, как показано на рисунке 3а. В качестве расчетного случая приняты: сосна 2-го класса бонитета (наиболее распространена в Республике Беларусь) с  $d_{1,3}=32\text{см}$ , манипулятор KESLA 1395h с максимальным вылетом 9,5м и грузоподъемностью на нем – 1040 кг.

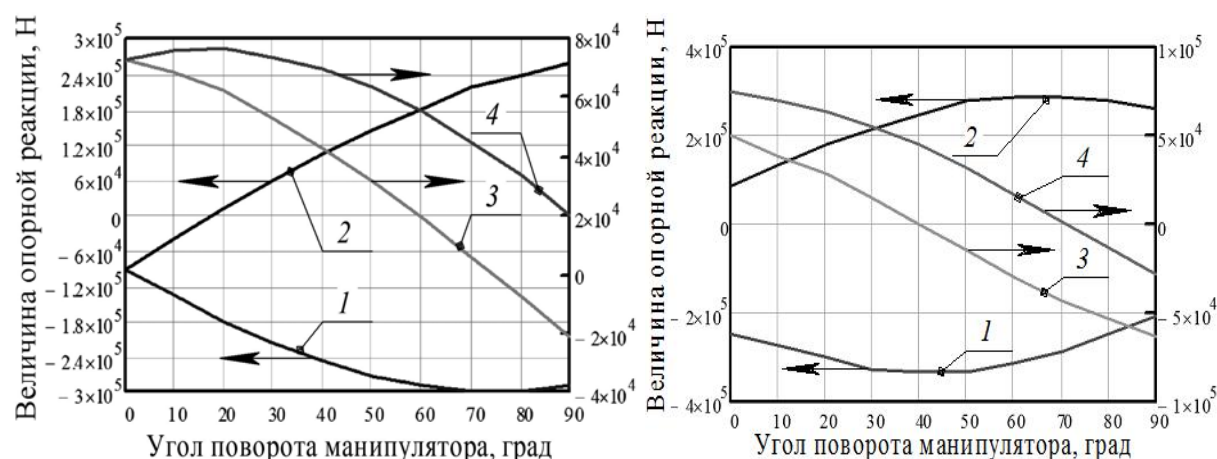


Рисунок 3 – Распределение вертикальных опорных реакций манипулятора

а) при отрыве дерева от пня с минимальным предварительным натягом

б) при протаскивании дерева в харвестерной головке (вылет 8,6 м  $a_{\text{прот}}=40\text{м/с}^2$ )

1, 2 – левая и правая опоры платформы; 3, 4 – левый и правый гидроцилиндр опоры

Сравнивая величины вертикальных опорных реакций при отрыве дерева от пня с аналогичными на операции обрезки сучьев (рис. 3б), следует отметить возможное их качественное и количественное перераспределение. Оно возникает в случае обработки дерева выше или ниже уровня крепления опор манипулятора, и объясняется возникновением в поперечной плоскости манипулятора момента от действующих на головку сил. Максимальные вертикальные реакции на опорах платформы манипулятора при этом возникают на вылете равном 82-90 % от максимального при положении харвестерной головки выше уровня установки манипулятора на 1,7 м. Значения вертикальных опорных реакций при этом до 37 кН больше чем при отрыве дерева от пня.

Динамическая составляющая вертикальных опорных реакций манипулятора изменяется при повороте его в горизонтальной плоскости. Коэффициенты динамичности при этом находятся в диапазоне от 1,13 до 1,36. Большие коэффициенты динамичности соответствуют меньшим углам поворота манипулятора. На рисунке 4 показано изменение опорной реакции левой передней опоры манипулятора при очистке дерева от сучьев, ( $d_{1,3}=32\text{см}$ , вылет манипулятора 8,6 м,  $a_{\text{прот}}=40\text{м/с}^2$ ,  $\gamma=0^\circ$ , положение точки подвеса головки к рукояти на 1,7 м выше уровня опор манипулятора).

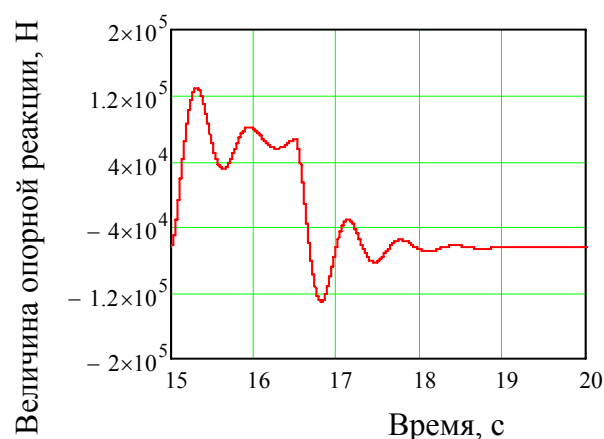


Рисунок 4 – Значения вертикальной реакции, при протаскивании дерева

Использование совмещения операций в некоторых случаях позволяет снижать нагруженность опор манипулятора. К примеру, при обработке дерева с  $d_{1,3}=32\text{см}$  и вылете манипулятора 8,6 м опорные реакции платформы манипулятора могут быть уменьшены на величину до 52,8 кН. Рекомендации по эффективному использованию совмещения операций требуют более детального анализа возникающих при этом нагрузочных режимов и будут рассмотрены позднее.

Исследуемые нагрузочные режимы вызывают различные напряжения в несущей конструкции харвестера. Исследование напряженного состояния проведено для рамы харвестера МЛХ-424 производства ПО «МТЗ». Она состоит из 2 модулей: технологического и энергетического, которые соединены между собой при помощи двухступенного шарнира с гидравлической блокировкой. Основной материал конструкции полурам сталь 09Г2С (класс прочности 345 согласно [4]).

Для реализации поставленной задачи разработана конечно-элементная модель технологической полурамы харвестера (рис. 5).

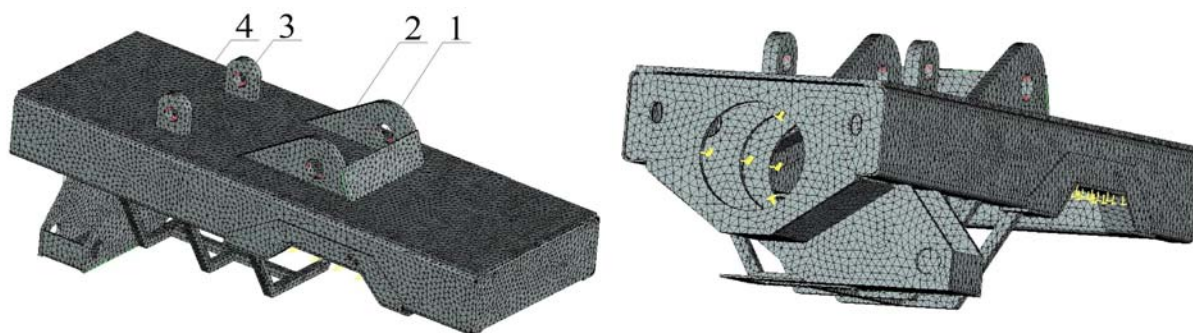


Рисунок 5 – Общий вид конечно элементной модели технологической полурамы

На операции отрыва дерева от пня в положении манипулятора параллельном продольной оси харвестера наибольшие напряжения возникают по периметру опор 1 - 4 и вдоль внутренних граней лонжеронов. В этом случае их величина не превышает  $180\text{ Н/мм}^2$ . Это означает, что при работе «перед собой» можно производить валку дерева с  $d_{1,3}=32\text{ см}$  на максимальном вылете манипулятора.

Отклонение положения манипулятора относительно продольной оси харвестера приводит к увеличению напряжений в конструкции полурамы и их перераспределению.



Наибольшие значения напряжений достигают  $490 \text{ Н/мм}^2$  и возникают при отклонении манипулятора на угол  $75^\circ$ .

При дальнейшем отклонении манипулятора перераспределение напряжений продолжается, однако их предельная величина незначительно уменьшается до  $470 \text{ Н/мм}^2$ . Указанные величины напряжений значительно превышают предельно допустимый уровень, и соизмеримы с временным сопротивлением материала конструкции равного  $480 \text{ Н/мм}^2$ . В этой связи не следует производить валку деревьев за границами рабочих зон указанных на рисунке 6а.

Максимально допустимый вылет отклоненного на  $90^\circ$  манипулятора при валке дерева с  $d_{1,3}=32 \text{ см}$  составляет  $5,6 \text{ м}$ . В этом случае напряжения возникающие в конструкции не превышают величины  $240 \text{ Н/мм}^2$ . В таком положении манипулятора, на максимальном его вылете, допускается валка деревьев с  $d_{1,3} \leq 16 \text{ см}$ . Выполнение операции валки дерева в зонах расположенных дальше указанных может быть проведено в единичных случаях. При этом не следует производить отрыв дерева от пня. Следует производить его валку методом направленного сталкивания, после чего при наличии выдвинутого телескопического звена сократить вылет манипулятора.

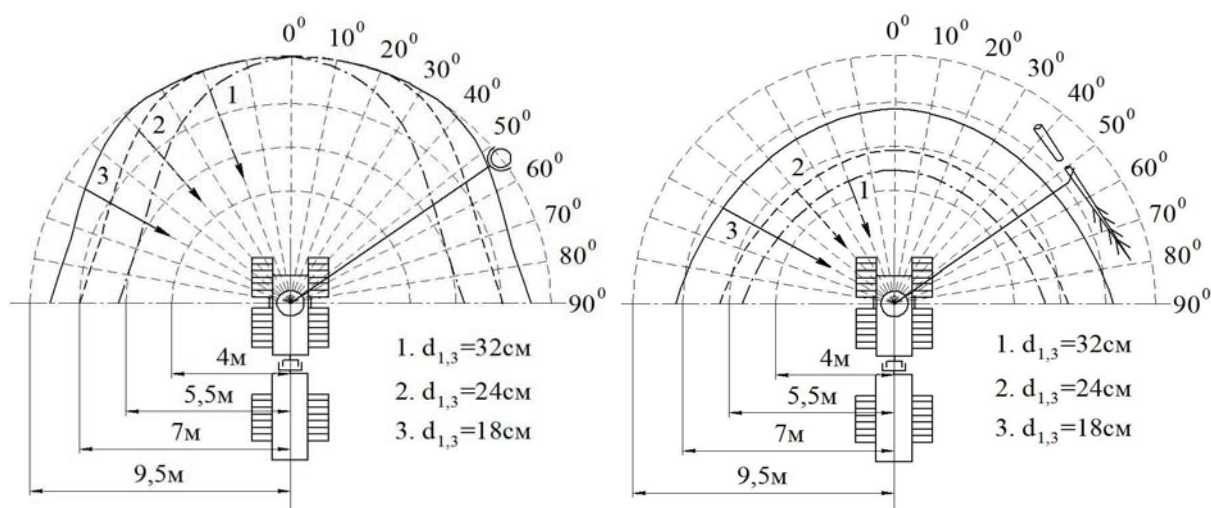


Рисунок 6 – Допускаемые рабочие зоны манипулятора харвестера на операциях  
 а) отрыва дерева от пня б) обрезки сучьев

Указанное на рисунке 6а ограничение допускаемой рабочей зоны манипулятора приводит к сокращению площади, обрабатываемой харвестером с одной технологической стоянки до 65% от максимальной. Это негативно сказывается на производительности и требует корректировки технологических схем работы харвестера, особенно на лесосеках с преобладающим диаметром ствола  $d_{1,3} \geq 24 \text{ см}$ .

Исследования показали, что на операции обрезки сучьев, величины и распределение напряжений в конструкции полурамы отличаются от таковых при валке деревьев. Это вызвано возникающим при протаскивании дерева перераспределением вертикальных опорных реакций манипулятора, а также возникновением горизонтальных реакций передних опор.

На рисунке 6б рассмотрен случай протаскивания дерева перпендикулярно продольной оси манипулятора, при котором, как показали исследования, создаются наибольшие напряжения в конструкции технологической полурамы харвестера. Отмечен-

ные зоны построены для случая работы головки на высоте 1-1,2 м над опорной поверхностью харвестера. Операторы часто используют такое положение головки для снижения вероятности образования продольных трещин в сортиментах при их раскряжевке.

Уменьшение допускаемой рабочей зоны при обрезке сучьев перед харвестером обусловлено значительной величиной возникающих горизонтальных реакций на передних опорах манипулятора, величина которых при обработке дерева с  $d_{1,3}=32$  см может достигать 210 кН.

Расширение рабочей зоны манипулятора на операции обрезки сучьев при работе с крупными деревьями возможно за счет применения совмещения операции протаскивания деревьев в харвестерной головке и ее дополнительной подачи при помощи манипулятора. Целесообразно применять его при обрезке сучьев в указанных на рисунке 6б зонах, при диаметре обрабатываемого дерева  $d_{1,3} \geq 26$  см, что приводит к значительному уменьшению действующих на манипулятор инерционных сил и снижению напряженности несущей конструкции.

**Заключение.** Установлено, что на операции протаскивания деревьев суммарные опорные реакции на опорах манипулятора могут достигать 332 кН, что до 37 кН больше, чем на операциях отрыва от пня дерева того же объема на максимальном вылете.

Полученные результаты позволяют утверждать, что значения максимальных опорных реакций рассмотренного манипулятора достигаются на вылете меньше максимального на 18%. Они возникают на операции обрезки сучьев, при углах установки манипулятора  $43^0$  (максимум на левой опоре) и  $67^0$  (максимум на правой опоре) и зависят от геометрических параметров опорной конструкции манипулятора. Коэффициенты динамичности опорных реакций изменяются при повороте манипулятора и лежат в пределах 1,13-1,36.

Проведенный анализ позволил установить, что по причине высоких напряжений возникающих в конструкции технологической полурамы харвестера и с целью снижения вероятности выхода ее из строя, следует ограничивать рабочую зону манипулятора: при валке дерева, как показано на рисунке 6а, а на операции обрезки сучьев, как показано на рисунке 6б. Установлено, что несоблюдение указанных рабочих зон может приводить к возникновению в конструкции технологической полурамы харвестера напряжений до  $470 \text{ Н/мм}^2$ .

Анализ показал, что уменьшение допускаемой рабочей зоны манипулятора на валке деревьев приводит к сокращению площади, обрабатываемой харвестером с одной технологической стоянки до 65% максимальной, что должно учитываться при выборе технологических схем разработки лесосек, особенно в лесах с преобладающим диаметром ствола  $d_{1,3} \geq 24$  см.

#### Библиографический список

1. Выбор параметров привода технологического оборудования харвестеров / Гороновский А. Р., Голякевич С. А. // Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревообработ. пром-сть. – 2010. – Вып. XVIII.
2. Применение энергетического потенциала производительности при оценке эффективности работы лесозаготовительных машин / Гороновский А.Р., Голякевич С.А. // Устойчивое управление лесами и рациональное лесопользование. Минск: БГТУ – 2010. кн.1 - С.140.

3. Шелгунов Ю.В., Макуев В.А., Рыжков А.Е., Старостин В.В. Машины и оборудование для лесосечных работ. – М.: МЛТИ, 1989. – 62 с.

4. ГОСТ 19281-89 «Прокат из стали повышенной прочности. Общие технические условия».

**Гриневич С.А., Гаранин В.Н.** (БГТУ, г. Минск, Республика Беларусь)

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАТРАТ МОЩНОСТИ НА ХОЛОСТОЙ ХОД В ПРИВОДЕ МЕХАНИЗМА РЕЗАНИЯ СТАНКА UNIMAT 23 EL POWER INPUT FOR NONCUTTING IN UNIMAT 23 EL**

*The article is devoted to study power input for noncutting in UNIMAT 23 EL while changing rotation frequency.*

**Введение.** Современные дереворежущие станки являются высокопроизводительным оборудованием. Увеличение производительности деревообрабатывающего оборудования и требования высокого качества обработки предопределяют применение высоких частот вращения инструмента, особенно для фрезерного инструмента. Однако, увеличение частоты вращения инструмента и промежуточных звеньев кинематической цепи ведет к увеличению затрат мощности, не связанных с резанием.

Мощность, расходуемая приводом резания на обработку заготовки, включает в себя мощность на резание и мощность холостого хода. Мощность холостого хода – мощность, затрачиваемая источником энергии на вращение привода при отсутствии полезной нагрузки. Эта мощность затрачивается на работу сил трения в опорах и уплотнениях механизмов привода, аэродинамические потери и т.п. [1].

Целью работы является исследование потерь мощности на холостой ход при изменении частоты вращения привода механизма резания, а также установление возможности применения формул для расчета мощности холостого хода, полученных для металлорежущих станков.

**Основная часть.** Для определения затрат мощности на холостой ход в литературе [1] приведена следующая формула

$$P_{x\emptyset} = k_i \cdot k_{\emptyset i} \cdot \frac{d_{\emptyset i}}{10^6} \cdot n_{\emptyset i} \quad (1)$$

где  $k_m$  – коэффициент, характеризующий конструкцию элементов привода и качество изготовления, принимаемый равным 3...6; меньшие значения соответствуют более простым, а большие – более сложным схемам

$d_{un}$  – диаметр шпинделя в передней опоре, мм;

$k_{un}$  – коэффициент, учитывающий дополнительные потери в шпиндельном узле, при подшипниках качения принимается 1,5.

Следует также дополнительно учитывать потери холостого хода в ременных передачах [1]. Для зубчато-ременной передачи потери мощности определяются по формуле

$$P_{x.p} = C_{op} \cdot V_p \left( \frac{1}{d_1^2} + \frac{1}{d_2^2} \right) \quad (2)$$

где  $V_p$  — скорость ремня в м/с;  
 $d_1, d_2$  — диаметры шкивов в мм;  
 $C_{op}$  — коэффициент, определяемый по формуле

$$C_{op} = 0,1 \cdot (k_3 \cdot b + k_4 \cdot V_p \cdot \sqrt{b}) \quad (3)$$

где  $b$  — ширина ремня, мм;  
 $k_3$  и  $k_4$  — коэффициенты, зависящие от модуля ремня.

Результаты расчета величины мощности холостого хода в диапазоне частот вращения шпинделя от 3000 до 9000 мин<sup>-1</sup> представлены в таблице 1.

Для проведения практических исследований использована экспериментальная установка на базе четырехстороннего продольно-фрезерного станка Unimat 23 EL (рисунок 1). Технические характеристики установки представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Техническая характеристика Unimat 23 EL

№	Параметры	Значение
1	Суммарная установленная мощность двигателей, кВт	40
2	Скорость подачи, м/мин	6-36
3	Рабочее давление в пневмосистеме, бар	6
4	Мин/макс. ширина обрабатываемого материала, мм	20/230
5	Мин/макс. высота обрабатываемого материала, мм	8/130

Управлением приводами, сбор данных и вычисления выполняются с использованием персонального компьютера и программного обеспечения COMBIVIS5.

Затраты мощности на холостой ход определялись для правого вертикального шпинделя, частота которого регулировалась с помощью частотного преобразователя. Для исключения проскальзывания в приводе применена зубчатая ременная передача. Закрепление инструмента производится с помощью системы HSK.



Рисунок 1 – Экспериментальная установка на базе четырехстороннего продольно-фрезерного станка Unimat 23 EL

При выполнении экспериментальной части работ выполнено две серии опытов. В первой измерения затрат мощности на холостой ход проводились без режущего инструмента, во второй серии на шпинделе устанавливалась фреза диаметром 125 мм, шириной 200 мм и четырьмя ножами.

Полученные результаты приведены в таблице 2 и 3.

Таблица 2 – Результаты расчетов мощности холостого хода для различных частот вращения шпинделя

Частота вращения шпинделя $n$ , мин <sup>-1</sup>	Скорость ремня $V_p$ , м/с	Коэффициент $C_{op}$	Мощность холостого хода зубчато-ременной передачи $P_{xp}$ , кВт	Мощность холостого хода шпинделя $P_{xш}$ , кВт	Полная мощность холостого хода привода, кВт
3000	14,1	96	0,2	0,7	0,9
4500	21,2	109	0,3	1,0	1,3
6000	28,3	122	0,5	1,4	1,9
7500	35,3	135	0,7	1,7	2,4
9000	42,4	148	0,9	2,0	2,9

Таблица 3 – Результаты измерений мощности холостого хода

Частота вращения шпинделя $n$ , мин <sup>-1</sup>	Мощность холостого хода привода без фрезы, $P_{x1}$ , кВт	Мощность холостого хода привода с фрезой, $P_{x2}$ , кВт
3000	0,23	0,23
4500	0,45	0,47
6000	0,69	0,74
7500	1,04	1,15
9000	1,38	1,61

Для наглядного сравнения на рисунке 2 приведены графики изменения затрат мощности на холостой ход от частоты вращения, полученные по результатам расчета и экспериментов первой серии.

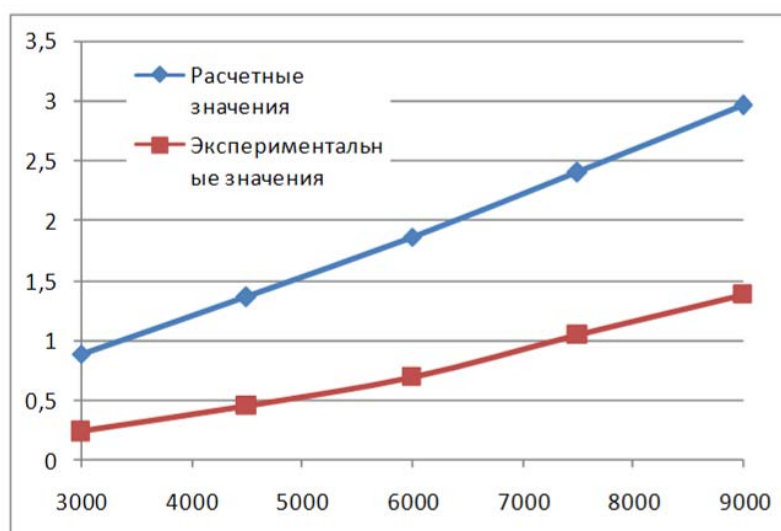


Рисунок 2 – Сравнительные результаты работы

Очевидно, что в рассматриваемом диапазоне частот вращения значения мощности холостого хода, полученные в результате расчета и экспериментальным путем существенно различаются. Поэтому применение существующих формул и коэффициентов, в них входящих, для расчета потерь мощности в современных быстроходных узлах деревообрабатывающих станков не корректно. Согласно полученным экспериментальным данным, затраты мощности на холостой ход привода механизма резания довольно существенны и с увеличением частоты вращения растут по зависимости близкой к линейной. При частоте  $9000 \text{ мин}^{-1}$  мощность холостого хода составила 18,4% от номинальной мощности двигателя.

Наличие режущего инструмента также влияет на затраты мощности холостого хода. На рисунке 3 представлен график прироста мощности холостого хода ( $\Delta P = P_{x2} - P_{x1}$ ) от наличия режущего инструмента на шпинделе при разных частотах вращения.

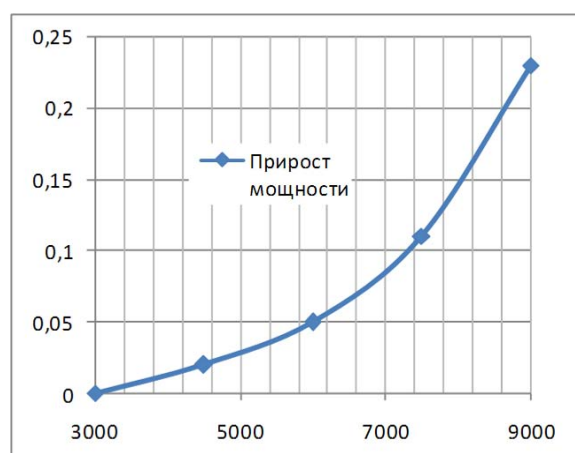


Рисунок 3 – Прирост мощности холостого хода

Согласно графика, прирост мощности холостого хода увеличивается с ростом частоты вращения шпинделя по криволинейной зависимости близкой к кубической параболе. В общем балансе потерь затраты мощности холостого хода, связанные с наличием фрезерного инструмента, составили 14,3 %.

**Заключение.** Величина мощности холостого хода в быстроходных приводах достаточно существенна и растет с увеличением частоты вращения. В представленных исследованиях затраты мощности на холостой ход при  $9000 \text{ мин}^{-1}$  составили 18,4% от номинальной мощности электродвигателя. Эти потери должны быть учтены при проектировании приводов быстроходных дереворежущих станков и назначении режимов резания.

Существующие формулы для расчета мощности холостого хода разработаны для металлорежущих станков и их применение при расчетах современных быстроходных узлов деревообрабатывающих станков дает значительно завышенные результаты. Для заданных условий эксперимента увеличение мощности холостого хода при установке фрезерного инструмента начинает заметно проявляться, начиная с  $3000 \text{ мин}^{-1}$  и с увеличением частоты вращения растет по криволинейной зависимости, близкой к кубической параболе.

#### Библиографический список

1. Кучер, И.М. Металлорежущие станки / И.М.Кучер.– Машиностроение, 1969 – 720 с.
2. Unimat 23 E, Unimat 23 EL, Hydromat 23/2000, Hydromat 23 C /1000: руководство по эксплуатации.

## РАЗМЕРНАЯ НАСТРОЙКА ЧЕТЫРЁХСТОРОННИХ ПРОДОЛЬНО-ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКОВ

### SETTING FOUR-SIDED PLANING MACHINE

*Setting four-sided planing machine is considered in the article. Recommendations for developing racks with digital drift sensors to measure cutting tools are given.*

Качество обработки заготовок на четырехсторонних продольно-фрезерных станках, при плоской и профильной обработке, в значительной степени зависит от точности позиционирования ножевых головок в станке и от точности установки ножей в ножевой головке по радиусу и в осевом направлении (В.В. Амалицкий, Вит. В. Амалицкий Оборудование отрасли: учебник. – М. : ГОУ ВПО МГУЛ, 2005. – 584 с.).

Основным способом увеличения точности установки ножей, в настоящее время, является заточка ножей, когда они уже закреплены в ножевой головке. Заточку выполняют на станках типа Rondamat 168, Rondamat 936. В этом случае достигается максимально точное совпадение режущих кромок всех ножей в ножевой головке, как по радиусу, так и в осевом направлении.

Для точного позиционирования инструмента современные четырехсторонние продольно-фрезерные станки оснащены цифровыми индикаторами положения шпинделя в радиальном и осевом направлениях. При этом самые совершенные станки фирмы *Weinig* имеют сдвоенные индикаторы левого и верхнего шпинделей, формирующих ширину и толщину детали (рис. 1).

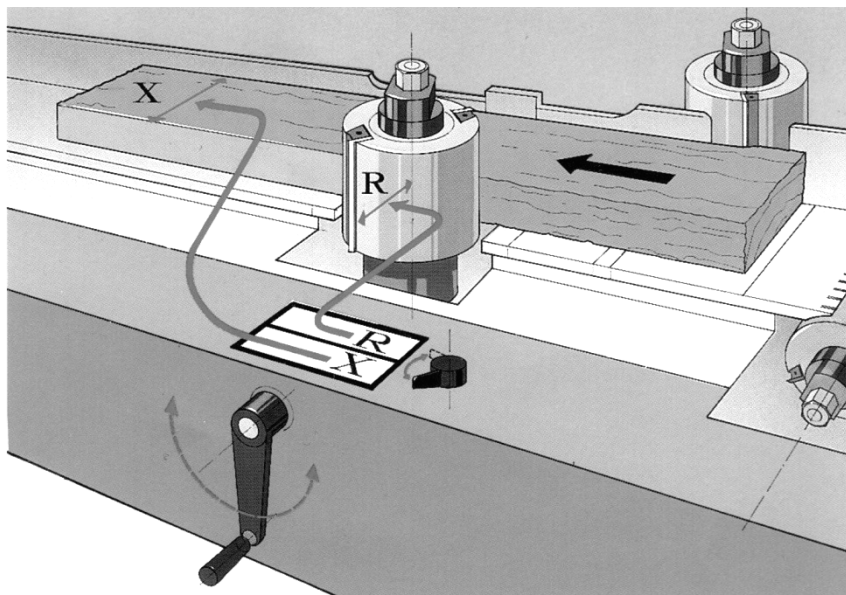


Рисунок 1 – Сдвоенный индикатор положения левого шпинделя

Верхняя шкала индикатора показывает радиус инструмента R, а нижняя толщину (ширину) обработанной детали X. Радиус инструмента устанавливается с точностью до 1/100 мм.



Радиус инструмента и размер детали в сумме составляют расстояние от оси инструмента до поверхности стола или направляющей линейки. Измерив, радиус инструмента и установив его на верхней шкале, на нижней шкале станочник видит размер детали, который может регулировать, перемещая шпиндель.

Если индикатор положения шпинделя имеет одну шкалу, то на ней следует установить расстояние от оси инструмента до поверхности стола (верхний шпиндель) или направляющей линейки (левый шпиндель).

Складывая требуемый размер детали с замеренным радиусом инструмента, получаем число, которое нужно установить на индикаторе положения при размерной настройке шпинделя, чтобы первая же заготовка оказалась обработанной точно в размер.

Таким образом, благодаря цифровым индикаторам положения шпинделя уже первая обработанная заготовка соответствует заданному размеру и не требуется тратить время и расходовать древесину на обработку пробных деталей. Экономический эффект очевиден, особенно в производствах, где объемы партий не велики и перестройка станка производится много раз в смену.

Для использования всех преимуществ таких четырехсторонних продольно-фрезерных станков необходимо знать радиус инструмента (обычно наименьший, который образует наибольший размер сечения детали) и расстояние от торца ножевой головки до характерной точки профиля детали (рис. 2).

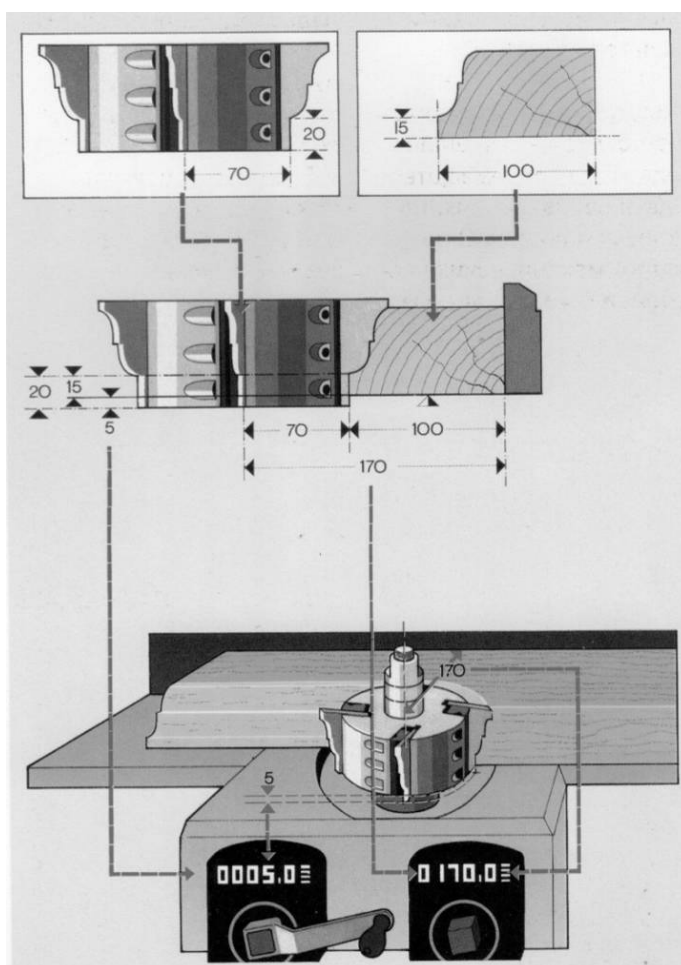


Рисунок 2 – Установка положения шпинделя



Фирма *Weinig* для измерения инструмента выпускает измерительные станды с механической или электронной системой измерения. Российские предприятия покупают четырехсторонние продольно-фрезерные станки, оснащенные цифровыми индикаторами положения шпинделей. Однако довольно дорогие измерительные станды *Weinig* предприятия покупают редко, считая не целесообразной трату денежных средств на их покупку. В результате размерная настройка станков ведется с использованием пробных заготовок.

Для полного использования возможностей современных четырехсторонних станков необходимо организовать обучение производственного персонала и наладить в России производство не дорогих измерительных стандов с использованием для измерения инструмента высокоточных магнитных и оптоэлектронных датчиков перемещения. Это могут быть магнитные отечественные датчики перемещения ДПМ05 производства ООО «ИТМ» г. Томск или аналогичные импортные, широко применяющиеся в деревообрабатывающих станках. Оптоэлектронные датчики более точные и дорогие, но в интересующем нас диапазоне измерений (до 400 мм) они сравнимы по стоимости с магнитными датчиками. Однако точность их на порядок выше, до  $\pm 3$  мкм/м против  $\pm 20 \dots \pm 40$  мкм/м у магнитных датчиков. Это могут быть, например, оптоэлектронные датчики линейного перемещения СКБ ИС г. Санкт-Петербург. Датчики перемещения используются в комплекте с цифровым дисплеем или могут быть подключены к компьютеру.

На рис. 3 представлена одна из возможных компоновочных схем измерительного станда.

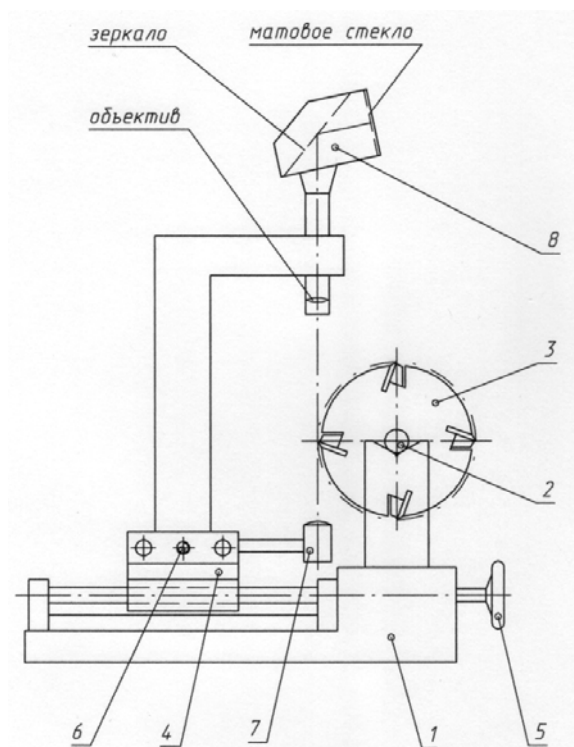


Рисунок 3 – Схема измерительного станда:

- 1 - основание; 2 - измерительная оправка; 3 - измеряемый инструмент;
- 4 - двухкоординатные направляющие с датчиками линейного перемещения;
- 5 - маховичок радиального перемещения; 6 - винт осевого перемещения;
- 7 - лампа подсветки; 8 - проектор с объективом, зеркалом и матовым экраном

Проектор с объективом, зеркалом и экраном может быть заменен на видеокамеру для микроскопа, которая подключается к компьютеру. В этом случае и датчики линейного перемещения целесообразно подключить к компьютеру.

Применение такого измерительного стенда в сочетании с четырехсторонними станками, имеющими индикаторы положения шпинделя, позволит

- контролировать качество подготовки инструмента;
- сократить время на переналадку станка;
- экономить древесину, работая без пробных заготовок;
- рентабельно работать с небольшими объемами и снизить складской запас;
- расширить номенклатуру изделий.

Лукаш В.Т., Гриневич С.А. (БГТУ, г. Минск, РБ) [dosy@bstu.unibel.by](mailto:dosy@bstu.unibel.by)

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ПРОФИЛЯ ЗУБЬЕВ ТВЕРДОСПЛАВНЫХ ДИСКОВЫХ ПИЛ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКУЮ СТОЙКОСТЬ И МОЩНОСТЬ ПРИ РАСКРОЕ ЛАМИНИРОВАННЫХ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ**

### **COMPARATIVE ANALYSIS OF INFLUENCE OF TOOTH CONFIGURATION OF THE CARBIDE-TIPPED CIRCULAR SAW ON DURABILITY AND POWER OF CUTTING LAMINATED CHIPBOARDS**

*The article presents comparative analysis of influence of the main cutting parameters on actual way of cutting till chipping appearing on covering surface and power cost while processing laminated chipboards.*

#### **Введение**

В настоящее время появился большой ассортимент древесных композиционных материалов с различными физико-механическими свойствами (ДСтП, МДФ, OSB, ЦСП), как правило, обладающих повышенными абразивными свойствами из-за наличия связующих смол и отвердителей. Последнее предопределило нецелесообразность использования для обработки таких материалов стального режущего инструмента.

Основным видом механической обработки ламинированных древесностружечных плит (ЛДСтП) является раскрой дисковыми пилами с твердосплавными пластинами на заданные размеры. До сих пор остаются неизученными вопросы стойкости инструмента, качества обработки, энергопотребления и режимов пиления. Решение данной проблемы может быть получено только путем проведения соответствующих экспериментальных исследований.

#### **Основная часть.**

Производители дисковых пил рекомендуют для раскроя ламинированных ДСтП использовать попеременно-косой (рис. 1, а) и плоско-трапецевидный (рис. 1, б) профили зубьев [1]. Данные профили отличаются не только по форме, но и по качеству раскроя и трудоемкости подготовки.

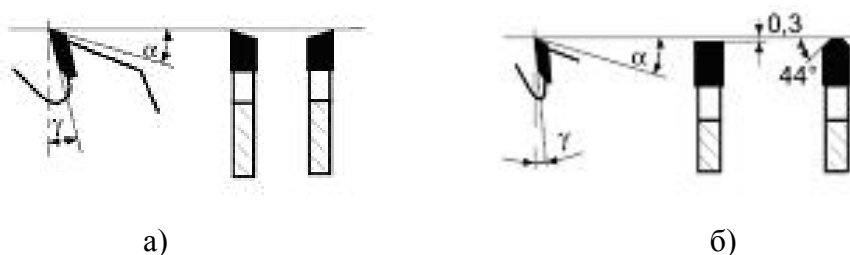


Рисунок 1 – Профили зубьев дисковых пил с пластинами твердого сплава для распиловки ламинированных ДСтП: а – попеременно косой; б – плоско-трапецевидный

Использование соответствующей конструкции инструмента позволяет обеспечить высокое качество обработки, уменьшить силы и мощность резания. Кроме того, правильный выбор конструкции дисковой пилы и профиля ее зубьев позволит значительно повысить срок службы инструмента, сократить простои технологического оборудования, снизить затраты на подготовку пил к работе.

Исследование потребляемой мощности при обработке ламинированных ДСтП реализовано с помощью методов планирования эксперимента. Выбор постоянных и переменных факторов выполнен аналогично с работами [2, 3]. Перечень факторов и их значение представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Перечень технологических факторов, принятых при проведении эксперимента

Наименование фактора	Значение
Постоянные факторы	
обрабатываемый материал	ламинированная трехслойная ДСтП («Kronospan», Польша)
толщина материала, мм	25
средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	640
диаметр пилы, мм	350
толщина полотна, мм	2,2
ширина пропила мм	3,2
число зубьев, шт.	36
передний угол, град	10
задний угол, град	15
профиль зубьев	WZ , FZ/TR
Переменные факторы	
подача на зуб $U_z$ , мм	0,02–0,06
скорость резания $V$ , м/с	60–80
выход пилы из пропила $a$ , мм	10–40

Уровни варьирования переменных факторов и соответствующие им значения приведены в табл. 2.

Таблица 2 – Уровни и диапазоны варьирования

Переменные факторы	Нижний уровень (–1)	Нулевой уровень (0)	Верхний уровень (+1)
$X_1 (U_z)$	0,02	0,04	0,06
$X_2 (V)$	60	70	80
$X_3 (a)$	10	25	40

Выходными показателями, фиксируемыми в ходе эксперимента, являлись:

- начальная мощность резания (мощность при остром резце) –  $Y_1 (P_0, \text{Вт})$
- конечная мощность резания (мощность при появлении сколов) –  $Y_2 (P_{\text{кон}}, \text{Вт})$
- значение фактического пути резания до появления сколов на поверхности облицовочного материала –  $Y_3 (L, \text{м})$ .

Полезная мощность на резание рассчитывалась через крутящий момент на шпинделе станка, который определялся по величине разбаланса тензомоста. Методика определения крутящего момента основывается на принципе измерения сопротивления металлов и полупроводников под действием деформаций [4].

Для получения уравнений регрессии, описывающих выходные характеристики процесса пиления, использован В-план второго порядка.

Методическая сетка опытов, а также средние арифметические значения результатов серий дублированных опытов для каждого из рассматриваемых профилей зубьев дисковых пил представлены в табл. 3.

По результатам статистической обработки результатов эксперимента получены математические модели, позволяющие определить величины потребляемой мощности при обработке ЛДСтП пилами с попеременно-косым и плоско-трапецевидным профилем зубьев в начальный момент резания (уравнения 1, 2) и при потере качества обработки, т.е. появлении сколов на поверхности облицовочного слоя (уравнения 3, 4), а также значения фактического пути резания до появления сколов (уравнения 5, 6).

Знание величин мощности, потребляемой в начале резания, т.е. при остром инструменте, при разных профилях, позволит последние корректно сопоставить и проанализировать. Конечная мощность по критерию качества обработки в совокупности со знанием технологической стойкости может являться критерием оптимизации процесса пиления ламинированных ДСтП.

- начальная мощность резания (мощность при остром резце),  $Y_1 (\text{Вт})$ :

- попеременно-косой профиль зубьев

$$Y_1(P_o) = -1141,46 + 2491,25 \cdot U_z + 35,70 \cdot V - 9,14 \cdot a - 114218,323 \cdot U_z^2 - 0,27 \cdot V^2 + 0,15 \cdot a^2 + 216,88 \cdot U_z \cdot V \quad (1)$$

- плоско-трапецевидный профиль зубьев

$$Y_1(P_o) = -1479,211 - 2015,833 \cdot U_z + 46,205 \cdot V - 4,994 \cdot a - 0,323 \cdot V^2 + 0,081 \cdot a^2 + 181,25 \cdot U_z \cdot V - 31,667 \cdot U_z \cdot a \quad (2)$$

- конечная мощность резания (мощность при появлении сколов) –  $Y_2 (\text{Вт})$

- попеременно-косой профиль зубьев

$$Y_2(P_{\text{eit}}) = 36,6 + 4228,75 \cdot U_z - 1,315 \cdot V - 1,38 \cdot a - 147625 \cdot U_z^2 + 246,875 \cdot U_z \cdot V \quad (3)$$

- плоско-трапецевидный профиль зубьев

$$Y_2(P_{\text{еoi}}) = 296,969 + 1688,974 \cdot U_z - 1,837 \cdot V - 14,884 \cdot a - 62403,846 \cdot U_z^2 + 0,178 \cdot a^2 + 233,75 \cdot U_z \cdot V - 69,167 \cdot U_z \cdot a + 0,077 \cdot V \cdot a \quad (4)$$

• технологическая стойкость (путь резания до появления сколов на поверхности облицовочного материала),  $Y_3$  (м).

– попеременно-косой профиль зубьев

$$Y_3(L) = 3945,1 + 56680 \cdot U_z - 136,24 \cdot V + 53,59 \cdot a - 686875 \cdot U_z^2 + 0,86 \cdot V^2 - 1,63 \cdot a^2 + 0,85 \cdot V \cdot a \quad (5)$$

– плоско-трапецевидный профиль зубьев

$$Y_3(L) = 1854,553 + 725818,333 \cdot U_z - 598,465 \cdot V + 1322,588 \cdot a - 8060312,5 \cdot U_z^2 + 4,579 \cdot V^2 - 18,041 \cdot a^2 - 5133,333 \cdot U_z \cdot a; \quad (6)$$

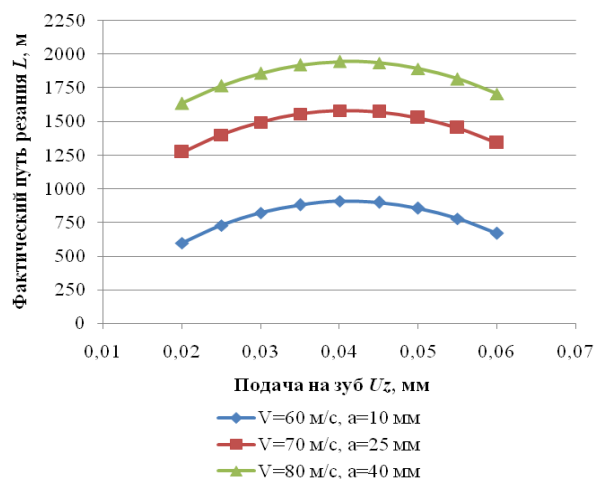
Таблица 3 – Методическая сетка опытов

№ опыта		X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	Y <sub>3</sub>	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	Y <sub>3</sub> (L, м)
					(Р <sub>о</sub> , Вт)	(Р <sub>кон</sub> , Вт)	(L, м)	(Р <sub>о</sub> , Вт)	(Р <sub>кон</sub> , Вт)	
					попеременно-косой WZ			плоско-трапецевидный FZ/TR		
ПФП	1	-1	-1	-1	248,57	282,86	590	261,4	390	4277,5
	2	+1	-1	-1	480	514,29	639,2	600,0	788,57	5507,0
	3	-1	+1	-1	291,43	314,29	442,5	365,7	451,43	4720,0
	4	+1	+1	-1	720	862,86	491,7	822,9	1034,29	5900,4
	5	-1	-1	+1	154,29	205,71	1277,9	214,3	295,71	13467,1
	6	+1	-1	+1	432,86	548,57	1377,6	488,6	608,57	8790,4
	7	-1	+1	+1	234,29	320	1671,1	308,6	400	14745,0
	8	+1	+1	+1	662,86	742,86	1705,6	754,3	902,86	9512,0
Звездные точки	9	-1	0	0	216	285	1249,6	260,0	340	12950,4
	10	+1	0	0	565	680	1363,3 2	720,0	810	10982,3
	11	0	-1	0	360	450	1629,8	394,3	471,43	14938,4
	12	0	+1	0	468,57	540	1704,3	525,7	708,5714	16358,4
	13	0	0	-1	460	640	803	535,0	665	8044,2
	14	0	0	+1	490	582,86	1623,6	485,0	615	14218,8

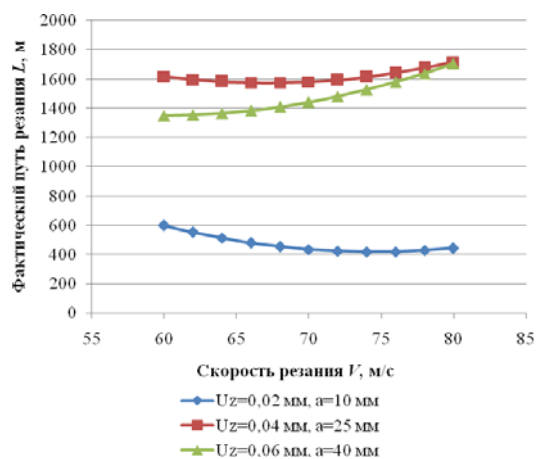
Адекватность полученных математических моделей подтверждена проверкой по F-критерию Фишера.

По полученным моделям были построены графические зависимости на нижнем, нулевом и верхнем уровнях варьирования переменных факторов (рис. 2, 3, 4).

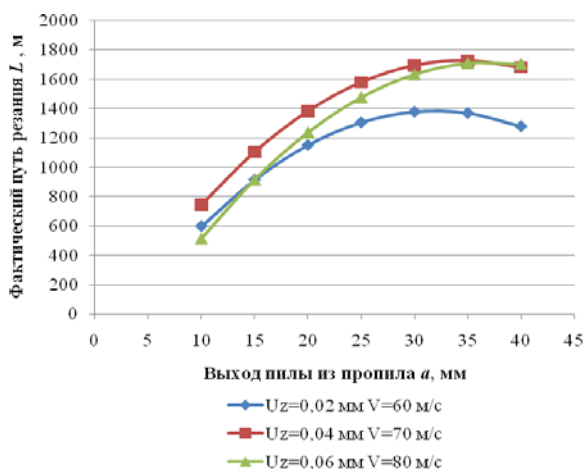
С точки зрения производства наиболее интересным является сопоставление конечных мощностей и технологической стойкости пил с указанными профилями зубьев. Сопоставляя пути резания (рис. 2) можно однозначно утверждать, что плоско-трапецевидный профиль при любых условиях обработки в пределах уровня варьирования переменных факторов обладает значительно большей технологической стойкостью, чем попеременно-косой. Это связано с характером затупления зубьев с попеременно-косым профилем.



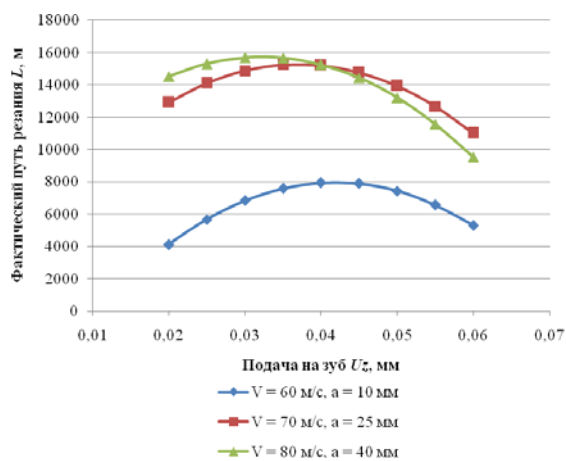
а)



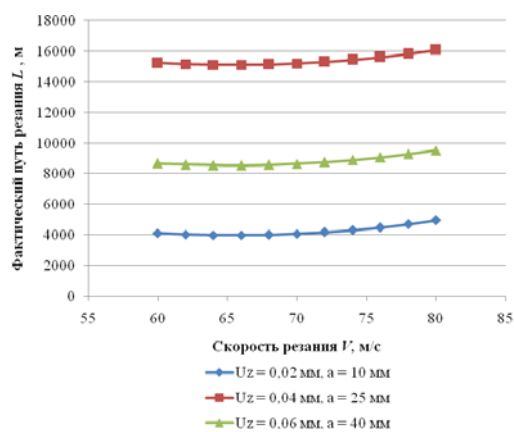
б)



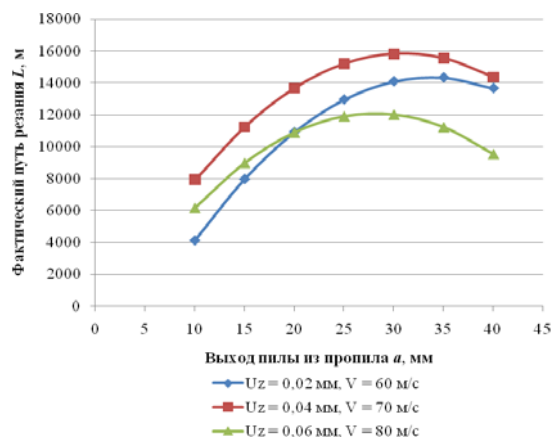
в)



г)

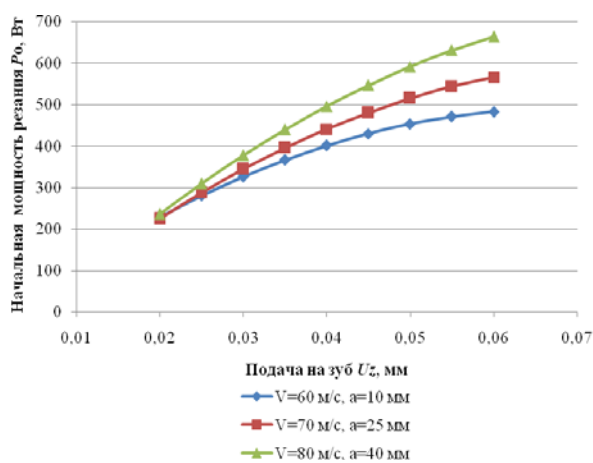


д)

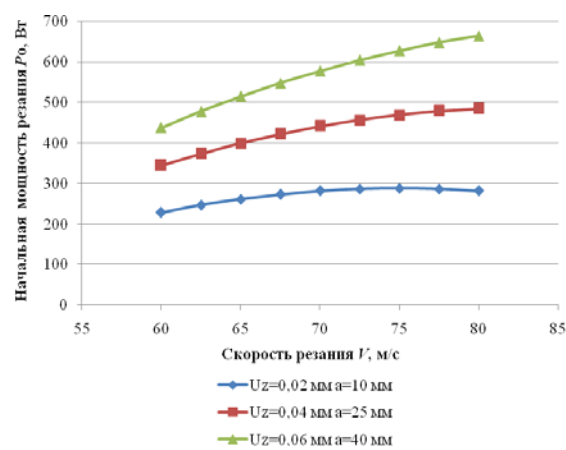


е)

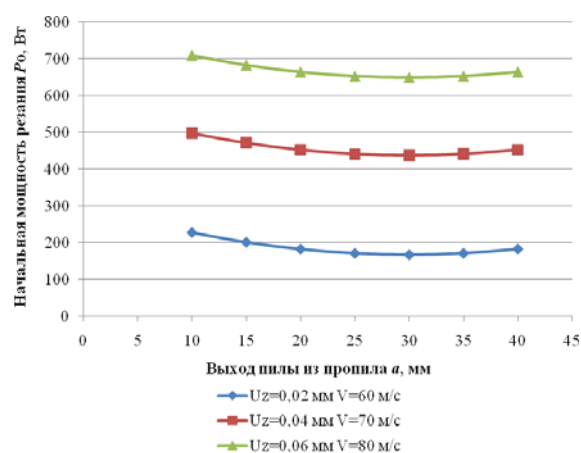
Рисунок 2 – Зависимости фактического пути резания до появления сколов на поверхности облицовочного материала от переменных технологических факторов при обработке ЛДСтП дисковыми твердосплавными пилами с: а, б, в – попеременно-косым; г, д, е – плоско-трапецевидным профилем зубьев



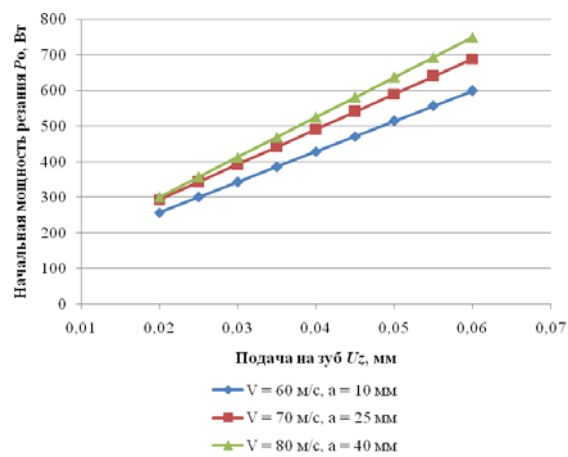
а)



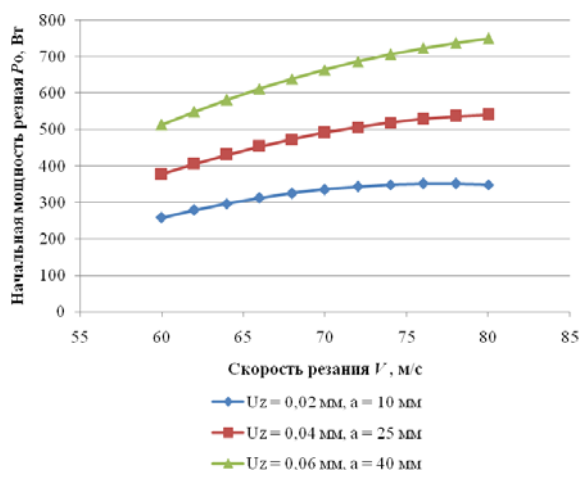
б)



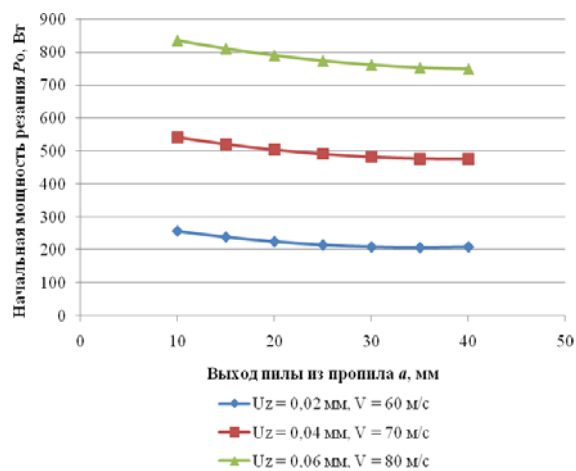
в)



г)

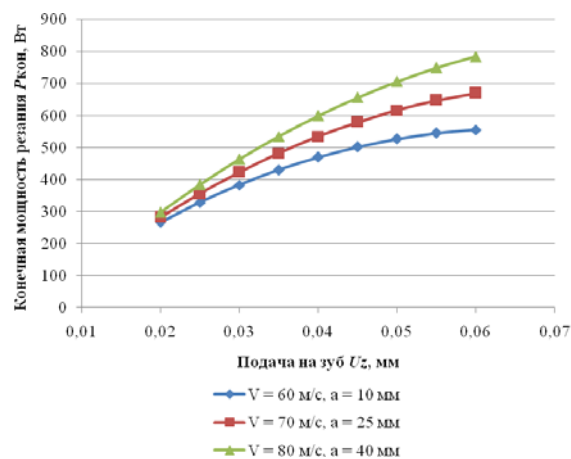


д)

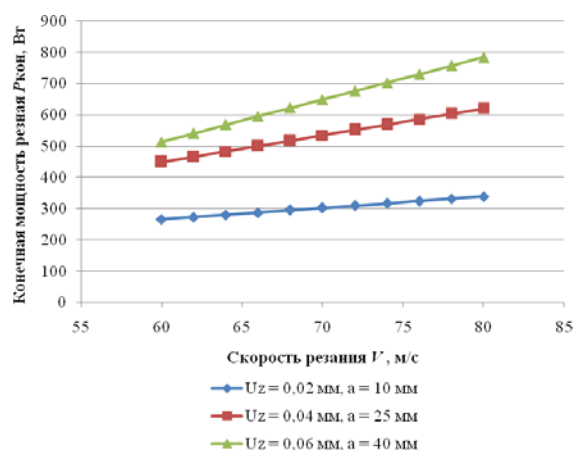


е)

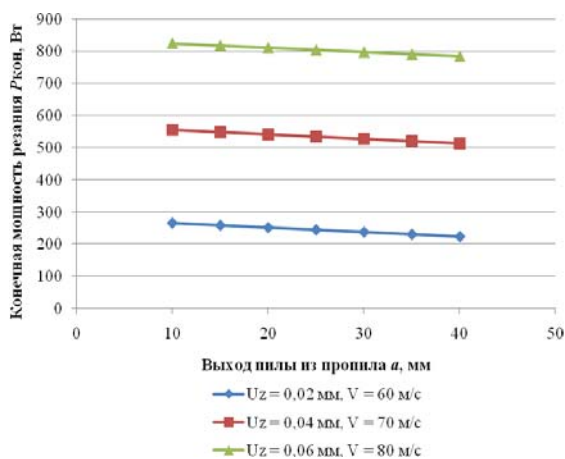
Рисунок 3 – Зависимости начальной мощности резания от переменных технологических факторов при обработке ЛДСтП дисковыми твердосплавными пилами с: а, б, в – попеременно-косым; г, д, е – плоско-трапецевидным профилем зубьев



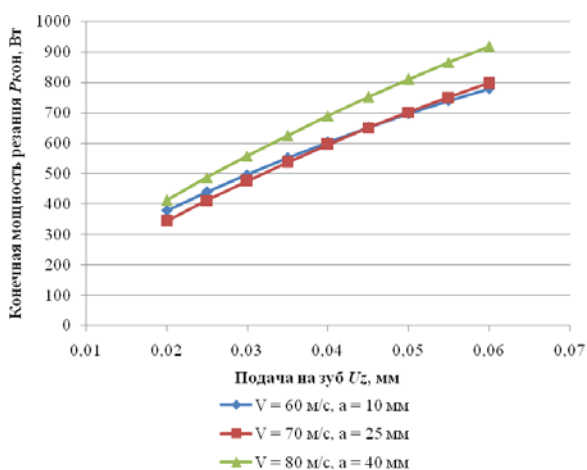
а)



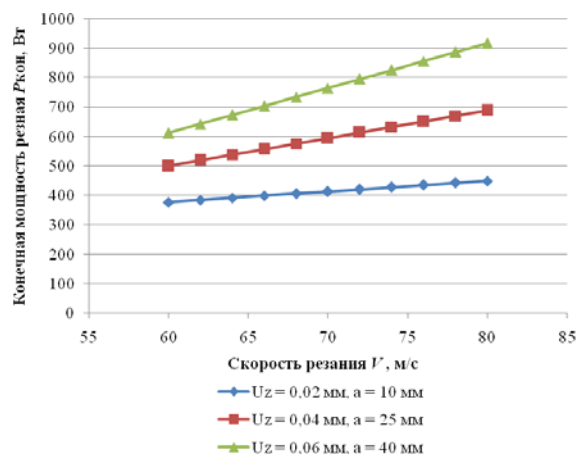
б)



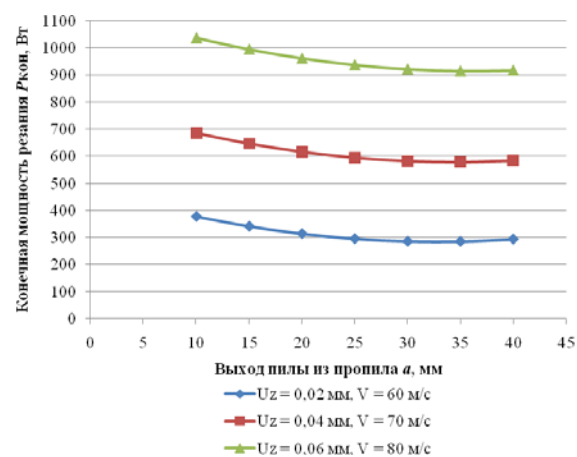
в)



г)



д)



е)

Рисунок 4 – Зависимости конечной мощности резания от переменных технологических факторов при обработке ЛДСтП дисковыми твердосплавными пилами с: а, б, в – поперечно-косым; г, д, е – плоско-трапецевидным профилем зубьев



При раскрое ламинированных ДСтП пилами с «косой» заточкой по задней грани (рис.1, *а*), основная нагрузка ложится на вершину трехгранного угла, что приводит к достаточно быстрому его затуплению (рис. 5) и появлению сколов, выровов. В результате сокращается срок службы пилы.

В пилах с плоско-трапециевидным профилем (рис. 1, *б*) основную нагрузку несет трапециевидный зуб, а прямой подчищает. Поскольку на резцах с «трапецией» отсутствуют острые углы, стойкость таких пил будет значительно выше, чем на пилах с «косой» заточкой.

На рис. 6, *а* показан зуб с заточкой в  $45^\circ$ , прорезающий паз в обрабатываемом материале. Он сопровождается плоским зубом, выполняющим легкий финишный рез по бокам пропила (рис. 6, *б*). Зуб с заточкой в  $45^\circ$  формирует пропил, а обычные зубья выравнивают его.

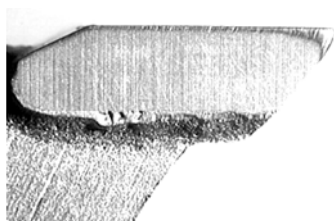


Рисунок 5 – Изношенный зуб твердо-сплавной пилы

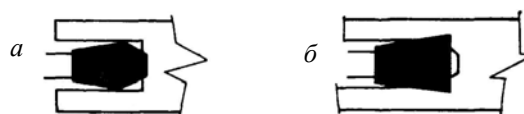


Рисунок 6 – Схема формирования пропила *а* – трапециевидным и *б* – плоским зубом

Ширина фаски – 0,25–0,33 ширины зуба. Высота зуба «лидера» больше на 0,2–0,3 мм, что позволяет ему резать глубже, чем подчищающие зубья, и тем самым предохраняет их острые углы и увеличивает срок службы пилы между переточками. Благодаря такому резанию уменьшается усилие резания, улучшается качество обработки, увеличивается срок службы пилы [5].

Проведенная оптимизация с помощью математического пакета MathCad зависимостей (5) и (6) позволила установить, что максимальный путь резания при обработке ламинированных древесностружечных плит дисковыми пилами с попеременно-косым профилем зубьев составляет чуть менее 2000 м, в то время как для плоско-трапециевидного – около 17 000 м. Это доказывает целесообразность применения последнего профиля для раскроя ламинированных ДСтП с точки зрения технологической стойкости, а также снижения затрат на перезаточку режущего инструмента и уменьшения потерь времени на простои оборудования.

Однако для производства интересна не только стойкость инструмента, но и энергозатраты. Так, анализируя графики зависимостей начальной мощности резания от переменных технологических факторов (рис. 3) можно утверждать, что для плоско-трапециевидного профиля этот показатель на 50-100 Вт выше, чем для попеременно-косого. Меньшая начальная мощность для попеременно-косого профиля связана прежде всего с меньшей площадью контакта зуба с обрабатываемым материалом.

Сопоставляя зависимости для конечной мощности (рис.4) видно, что конечная мощность для плоско-трапециевидного профиля на 50-200 Вт выше, чем для попеременно-

но-косого, что в первую очередь связано с большей технологической стойкостью пил с данным профилем, а, соответственно и с их большим затуплением.

Очевидно, что как для попеременно-косого, так и для плоско-трапецевидного профиля влияние основных переменных технологических факторов на силовые и мощностные показатели имеет схожие тенденции.

**Заключение.** Таким образом, при обработке ламинированных ДСтП конечная мощность при использовании пил с плоско-трапецевидным профилем выше чем для пил с попеременно косым ориентировочно в 1,4 раза, в то время как стойкость выше в 8,5 раз, что однозначно доказывает целесообразность применения данного профиля.

#### Библиографический список

1. Каталоги инструмента для обработки древесины фирм: Leitz, Leuco, Faba, Freud
2. Лукаш, В. Т. Технологическая стойкость и начальная мощность при обработке ламинированных ДСтП пилами с попеременно-косым профилем зубьев / В. Т. Лукаш, С. А. Гриневич // Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревообраб. пром-сть. – 2009. – Вып. XVII. – С. 317–321.
3. Лукаш, В. Т. Технологическая стойкость и начальная мощность при обработке ламинированных ДСтП пилами с плоско-трапецевидным профилем зубьев / В. Т. Лукаш, С. А. Гриневич // Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревообраб. пром-сть. – 2010. – Вып. XVIII. – С. 234–239.
4. Кравченко, А. С. Применение силоизмерительного телеметрического устройства для исследования процессов пиления древесных материалов / А. С. Кравченко, В. Т. Лукаш // Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревообраб. пром-сть. – 2006. – Вып. XIV. – С. 172–174.
5. Мелони, Т. Современное производство древесностружечных и древесноволокнистых плит: пер. с англ. В.В. Амалицкого и Е.И. Карасева / Т. Мелони – М.: Лесная пром-сть, 1982. – 416 с.

**Полякова Т.В., Абдулов А.Р., Новоселов В.Г.**

*(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)*

### **ВЛИЯНИЕ ЗАТУПЛЕНИЯ ИНСТРУМЕНТА НА КОНЕЧНЫЙ РАЗМЕР ДЕТАЛИ ПРИ ПРОДОЛЬНОМ ЦИЛИНДРИЧЕСКОМ ФРЕЗЕРОВАНИИ ДРЕВЕСИНЫ**

### **CUTTING TOOL DULLING AND SHAPE QUALITY OF A WORKPIECE IN RIPPING**

*Relationship between cutting tool dulling and shape quality of a workpiece in ripping has been analyzed. It is compared two kinds of blades: the first is made of steel DS and the second is made of the same steel and hardened by nitrogen ion implantation*

Точность является одним из основных показателей качества изготавливаемой продукции с точки зрения надежности технологической системы по ГОСТ 27.202-83

[1]. При обработке древесины резанием она определяется фактическим положением плоскости резания.

Для проверки гипотез, высказанных в работе [2], на базе предприятия ООО «НИК» в г. Сысерть были проведены исследования по определению изменения размеров обработанных деталей в зависимости от износа инструмента. Исследования проводились на четырехстороннем продольно – фрезерном станке С25-4А, со скоростью подачи  $U=14$  м/мин, частота вращения ножевых головок: нижней  $n = 3043$  мин<sup>-1</sup> правой и левой  $n=6076$  мин<sup>-1</sup>, верхней  $n=5898$  мин<sup>-1</sup>. Обработывали пиломатериал с влажностью  $W=12\%$ , порода сосна, ширина  $B=115$  мм; толщина  $H=30$  мм; длина  $L= 2$  м. Ножи на фрезях были поставлены к началу исследований плоские из инструментальной стали марки DS (8Х6НФТ): на верхней и нижней ножевой головке упрочненные с использованием концентрированных потоков высокой энергии (ионных пучков); на левой и правой - без упрочнения. Во время исследований станок не поднастраивался.

Опытные доски брались из одного места поставок в выборочном порядке. Выборка включала в себя 50 досок без гнили, косослоя, трещины и других недопустимых дефектов.

Станок настраивали на изготовление деталей номинальной толщиной 27 мм, шириной 111 мм. Определение точности обработки производилось в соответствии с ГОСТ 7315-92 [3]. Через каждые 30 минут работы станка обрабатывали по 5 опытных досок, каждый образец измеряли до фрезерования и после фрезерования по ширине и толщине в трех сечениях: посередине и на расстоянии 50 мм от торцов. Измерения делались с помощью электронного штангенциркуля с ценой деления 0,01 мм. Степень затупления инструмента оценивалась радиусом закругления режущей кромки, определявшимся по методике, описанной в [4]. Для каждой  $j$ -той выборки определяли среднее значение каждого размера.

Изменение размера изделий в процессе обработки показано на рис. 1 графиками, построенными в пакете Excel, путем нанесения на точечную диаграмму линий тренда.

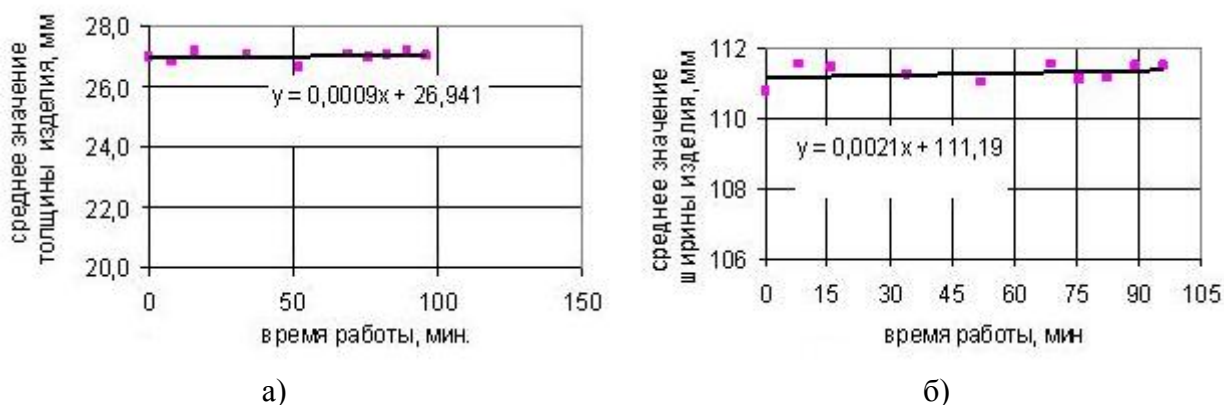


Рисунок 1 – Зависимость толщины (а) и ширины (б) изделия после фрезерования от времени работы станка

Как видно, с увеличением времени работы конечный размер детали увеличивается, причем более интенсивно по ширине детали, обрабатывавшейся не упрочненными ножами.

Изменение размера от радиуса закругления режущей кромки показано на рис. 2.

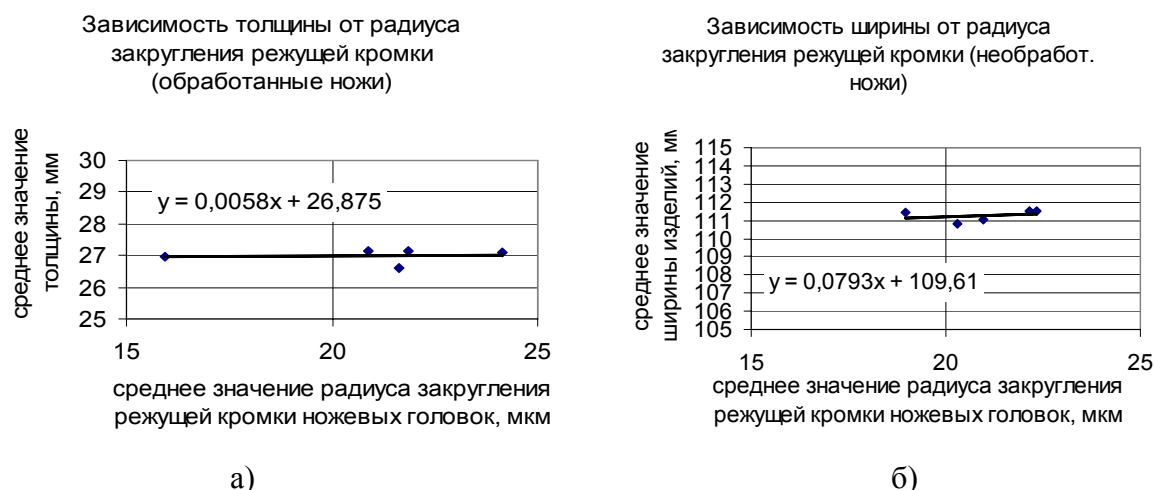


Рисунок 2 – Зависимость толщины (а) и ширины (б) от радиуса закругления режущей кромки

Графики показывают, что размеры по толщине и по ширине возрастают по мере износа ножей в процессе эксплуатации. Причем также более интенсивно по ширине детали, обрабатывавшейся не упрочненными ножами. Полученные результаты подтверждают выводы, сделанные в работе [2].

Выводы.

1. Износ и затупление режущих кромок инструмента со временем приводит к изменению (увеличению) конечных размеров детали.
2. Интенсивность изменения конечного размера детали, обработанной не упрочненными ножами из инструментальной стали марки DS (8X6HФТ) выше, чем у детали, обработанной с использованием концентрированных потоков высокой энергии (ионных пучков) ножей этой же марки.

#### Библиографический список

1. ГОСТ 27.202-83. Надежность в технике. Технологические системы. Методы оценки надежности по параметрам качества изготавливаемой продукции. [Текст]. Введ. 1984-07-01. М.: Изд-во стандартов, 1984. 50 с.
2. Новоселов В.Г. Физический метод расчета надежности технологической системы деревообработки по параметру качества продукции «точность» [Текст] / В.Г.Новоселов, И.Т.Глебов // Надежность и качество: материалы международного симпозиума, Пенза, 25-31 мая 2006 г. / Пензенский гос. техн. ун-т. – Пенза, 2006. – С. 276-278.
3. ГОСТ 7315-92. Деревообрабатывающее оборудование. Станки строгальные четырехсторонние. Основные параметры. Нормы точности и жесткости. [Текст] Взамен ГОСТ 6826-78, ГОСТ 7315-83, ГОСТ 19467-74. Введ. 1993-01-01. М.: Госстандарт России: изд-во стандартов, 1992. 23 с.
4. Исследование износостойкости стальных и неплетачиваемых твердосплавных ножей при продольном фрезеровании древесины [Текст] / В.Г.Новоселов, А.Р.Абдулов // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: материалы IV международного евразийского симпозиума, Екатеринбург, 29 сентября-2 октября 2009 г. / Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т. - 2009. С.315 - 320.

**Раповец В.В., Бурносов Н.В., Бавбель И.И.**  
(БГТУ, г. Минск, Республика Беларусь) [slavyan\\_r@tut.by](mailto:slavyan_r@tut.by)

**ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ОБРАБОТКИ НА ФРЕЗЕРНО-  
БРУСУЮЩИХ СТАНКАХ ПРИ ВЕРТИКАЛЬНОМ  
ЦЕНТРИРОВАНИИ БРЕВЕН**  
*ADVANCED CHIPPER-CANTER PROCESSING WITH VERTICAL  
CENTERING LOGS*

*Advanced chipper-canter processing with vertical centering logs is considered in this article.*

Одним из важнейших условий повышения выхода пилопродукции и технологической щепы на фрезерно-брусующих станках (ФБС) является обеспечение центрирования бревен относительно постава фрез. В линиях переработки бревен (ЛАПБ, Chip-N-Saw, Linck, Viesto Group и др.) предусмотрено жесткое вертикальное и горизонтальное центрирование бревен, что обеспечивают соответствующие центрирующие механизмы. При отклонении оси бревна от расчетной оси постава снижается выход спецификационной пилопродукции за счет увеличения количества не полноформатных пиломатериалов по ширине и длине. Аналогичные проблемы необходимо решать во фрезерно-брусующих станках, одновременно формирующих из бревна 4-кантный брус. Задача центрирования бревна упрощается в станках и линиях, фрезерующих бревна последовательно: фрезерно-брусующие станки первого ряда формируют 2-кантный брус, имея механизмы горизонтального центрирования бревен. Фрезерно-брусующие станки второго ряда имеют аналогичные механизмы горизонтального центрирования бревен. Последовательная обработка бревен при отсутствии механизмов вертикального центрирования практически не снижает полезный выход спецификационной пилопродукции.

Основным недостатком последовательной схемы обработки бревен является увеличение длины технологических потоков, так как необходимо после выхода 2-кантного бруса из ФБС первого ряда поворачивать бревно на 90° относительно геометрической оси бревна, горизонтально его сцентрировать до обработки во ФБС второго ряда. Достоинствами такой схемы обработки является свободный доступ к узлам и механизмам станков, снижение трудоемкости при обслуживании и замене для переподготовки режущих инструментов, а также унификация узлов резания и механизмов подачи линий.

Например, геометрические параметры обрабатываемых бревен на фрезерно-брусующем станке PSP 500 линии SAB, эксплуатируемой на ОАО «Борисовский ДОК», изменяются в следующих диапазонах: длина 2–7 м, вершинный диаметр от 80–500 мм. Для повышения полезного выхода пилопродукции по планируемой схеме обработки бревна сортируются по группам диаметров (до 18 групп).

Отсутствие механизмов вертикального центрирования бревен перед ФБС при обработке бревен различных групп диаметров приводит к тому, что геометрическая ось бревна в вертикальной плоскости постоянно изменяет свое положение по отношению к оси вращения фрез станка. Это приводит к тому, что изменяются режимы обработки

бревен (изменяются углы резания по ширине получаемых пластей бруса, суммарный путь резания ножами и др.), которые заданы для каждой конкретной конструкции фрезерно-брусующего станка и должны быть стабилизированы для получения качественной продукции.

Фрезерно-брусующие станки являются составной частью лесопильных линий. Станки оснащаются дорогостоящим режущим инструментом – сборными фрезами со спиральным расположением цельных двухлезвийных ножей, в основном зарубежного производства. Такое оборудование получило наибольшее распространение на лесопильно-деревообрабатывающих предприятиях Республики Беларусь: эксплуатируется линия фирмы SAB (Германия) на ОАО «Борисовский ДОК», 2 линии Giga 02 фирмы A. Costa righi (Италия) на ОАО «Светлогорский ЦКК», 2 линии Giga 02 на РПУП «Завод газетной бумаги», одна линия на ОАО «Оршанский КСМ» и др.

Конструкции двухлезвийных ножей, жестко закрепленные в резцедержателях сборных фрез, не позволяют изменять режимы обработки в зависимости от перерабатываемых пород древесины даже в пределах одной группы (хвойные, лиственные), имеющих различные физико-механические свойства (плотность, твердость, влажность, теплопроводность и др.), условий произрастания и пр. Изменение геометрических параметров ножей позволяет устанавливать режимы обработки для получения качественной продукции. Контроль качества продукции комплексной переработки бревен необходим для корректирования производственных режимов обработки, которые позволяют снизить сырьевые (брак производства, отходы), энергетические (на обработку) затраты, затраты на обслуживание инструмента и ремонт оборудования.

Предложена новая конструкция сборного двухлезвийного ножа, позволяющая независимо назначать угловые параметры для каждого из лезвий, определяя режим обработки (рисунок 1).

Короткое лезвие 1 сборного ножа крепится непосредственно к длинному лезвию 2 посредством клинового соединения «ласточкин хвост». Далее собранные лезвия 1 и 2 крепятся на колонку-резцедержатель 3 при помощи потайного болта 4. Это необходимо для того, чтобы задняя грань длинного лезвия оставалась ровной, так как она непосредственно обращена к формируемым пластям бруса и не должна являться причиной появления дополнительных кинематических неровностей, ухудшающих в целом качество поверхностей пластей бруса.

Показанная на рисунке 1 конструкция сборного двухлезвийного ножа обладает широкими возможностями бесступенчатого регулирования угла поворота ножа на колонке.

Для изменения угловых параметров процесса резания такими сборными двухлезвийными ножами заменяется лишь то лезвие на другое с измененными угловыми параметрами, условия резания которым мы хотим изменить. Таким образом, происходит независимое изменение условий резания коротким и длинным лезвиями.

Проведенные теоретические и экспериментальные исследования позволили установить закономерности влияния основных факторов процесса формирования пилопродукции и технологической щепы двухлезвийными ножами фрезерно-брусующих станков на силовые показатели с учетом изменений геометрических параметров ножей, оказывающих наибольшее влияние на силы резания, шероховатость обработанной по-



ваемого бревна. Расстояние от оси вращения  $O_\Phi$  фрезы 1 до оси бревна 3 минимального диаметра составляет  $a = -160$  мм, расстояние от оси вращения  $O_\Phi$  фрезы 1 до оси бревна 4 максимального диаметра составляет  $a = 50$  мм. Радиус резания первым двухлезвийным ножом фрезы 1, близлежащим к поверхности пласти бруса, составляет 225 мм. Двухлезвийные ножи, расположенные по конической поверхности корпуса фрезы, срезают последовательно слои древесины толщиной 5 мм, образуя технологическую щепу углом среза торца  $45^\circ$ .

В процессе проведения экспериментальных работ установлено, что шероховатость поверхности пласти  $b_i$  бруса зависит от угла  $\theta_{i\text{ вх}}$  входа ножей  $i$  ( $i = 1, 2, 3 \dots$ ) в древесину и угла  $\theta_{i\text{ вых}}$  из древесины при обработке бревен, которые определяются величиной  $a$  вертикального смещения оси бревна относительно оси вращения фрез, а также определяют энергетику процесса резания.

Углы входа  $\theta_{i\text{ вх}}$  и выхода  $\theta_{i\text{ вых}}$   $i$ -го ножа из древесины на соответствующей ему ширине пласти  $b_i$  бруса определяются по выражениям:

$$\theta_{i\text{ вх}} = \arccos\left(\frac{b_i + 2a}{d_i}\right), \quad (1)$$

$$\theta_{i\text{ вых}} = \pi - \arccos\left(\frac{b_i - 2a}{d_i}\right), \quad (2)$$

где  $\theta_{i\text{ вх}}$  – угол входа  $i$ -го двухлезвийного ножа в древесину, рад;  $\theta_{i\text{ вых}}$  – угол выхода  $i$ -го двухлезвийного ножа из древесины, рад;  $b_i$  – ширина пласти бруса, которую формирует  $i$ -й двухлезвийный нож, мм;  $a$  – величина смещения оси бревна по отношению к оси вращения фрезы, мм;  $d_i$  – диаметр резания  $i$ -ым двухлезвийным ножом.

Угол контакта  $i$ -го двухлезвийного ножа с древесиной определяется по выражению:

$$\Delta\theta_i = \theta_{i\text{ вых}} - \theta_{i\text{ вх}}. \quad (3)$$

В процессе резания бревно продвигается влево со скоростью подачи  $V_s$  между двумя вращающимися с угловой скоростью  $\omega$  торцово-коническими фрезами радиуса  $R_\Phi$ , в корпусах которых установлены двухлезвийные ножи. Длина  $l_{\text{щ}}$  технологической щепы, равная подаче на один двухлезвийный нож и ее толщина  $S_{\text{щ}}$  заданы в соответствии с ГОСТ 15815-83. Высота получаемого бруса равна расстоянию между двумя плоскостями резания ножей левой и правой фрез (рисунок 3).

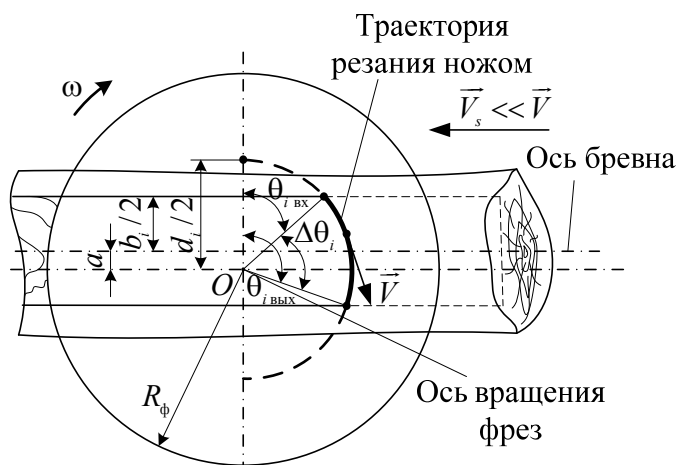


Рисунок 3 – Общая схема обработки бревен на фрезерно-брусующем станке



Представленные зависимости (1) – (3) показывают, что с изменением диаметра обрабатываемых бревен изменяется величина  $a$  смещения оси бревна по отношению к оси вращения фрезы. Следовательно, изменяются и соответствующие углы входа в древесину и выхода из нее режущих ножей, оказывая влияние тем самым на шероховатость пласти получаемого бруса по всей ее ширине. При входе ножа в древесину (верхняя часть пласти бруса) – формируется одна шероховатость, по середине пласти бруса – другая, и на выходе ножа из древесины – третья.

Проведенные экспериментальные исследования процесса резания древесины на фрезерно-брусующих станках подтверждают изменение параметров шероховатости по ширине пласти бруса при изменении величины  $a$  (рисунок 4).

Например, при обработке древесины ели на режиме (скорость резания  $V = 13$  м/с; направление резания – поперечное, поперечно-торцовое; толщина снимаемого слоя 5 мм; диаметр резания двухлезвийным ножом 470 мм; подача на нож  $S_z = 25$  мм; задний угол на лезвиях ножа 3-5°; скорость подачи 13,25 м/мин; угол заострения длинного и короткого режущих лезвий 40°; начальный радиус закругления лезвий ножа 6–8 мкм) шероховатость поверхности пласти в верхней части бруса шириной 80 мм составляла в среднем около 800 мкм, в средней части – около 390 мкм и в нижней части – около 250 мкм. При этом установлено, что более стабильные значения шероховатости по ширине пласти бруса получаются при обработке древесины на ФБС при совпадении геометрической оси обрабатываемого бревна и оси вращения фрез или незначительном их отклонении.



Рисунок 4 – Качество поверхности пласти бруса из древесины ели: а – при  $a = 0$  мм; б – при  $a = -25$  мм

При вертикальном несовпадении осей обрабатываемого бревна и вращения фрез, а также отсутствии механизма вертикального центрирования бревен для назначения необходимых режимов обработки требуется устанавливать геометрические параметры каждому лезвию ножей фрез, что на практике реализовать достаточно трудоемко. Поэтому установленные нами режимы обработки бревен на фрезерно-брусующих станках [4] рекомендуются при величине  $a$ , имеющей незначительное смещение. Это подтверждает целесообразность оснащения фрезерно-брусующих станков механизмами вертикального центрирования бревен.

#### Библиографический список

1. Раповец, В.В. Определение влияющих на силовые показатели основных параметров процесса резания на фрезерно-брусующих станках / В.В. Раповец, Н.В. Бурно-

сов // Труды БГТУ. Сер. II. Лесная и деревообр. пром-сть. – 2005. – Вып. XIII. – С. 182–185.

2. Раповец, В.В. Возможности управления качественными и силовыми показателями процесса формирования технологической щепы двухлезвийными резцами на фрезерно-брусующих станках / В. В. Раповец, Н. В. Бурносков // Труды БГТУ, Сер. II., Лесная и деревообраб. пром-сть. – 2007. – Вып. XV. – С. 251–255.

3. Раповец, В.В. Разработка мероприятий по повышению эффективности процесса переработки бревен на фрезерно-брусующих станках, оснащенных фрезами со спиральным расположением двухлезвийных резцов / В.В. Раповец, Н.В. Бурносков // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: труды II Междунар. евраз. симпоз., Екатеринбург, 2-5 окт. 2007 г. / Урал. гос. лесотехн. ун-т ; под ред. В.Г. Новоселова. – Екатеринбург, 2007. – С. 213–221.3.

4. Раповец, В. В. Комплексная обработка древесины со спиральным расположением двухлезвийных ножей / В. В. Раповец // Труды БГТУ. Сер. II. Лесная и деревообр. пром-сть. – 2010. – Вып. XVIII. – С. 246–251.

**Ревяко Д.А., Гришкевич А.А., Бавбель И.И.**

(БГТУ, Минск, РБ) [dosy@bstu.unibel.by](mailto:dosy@bstu.unibel.by)

## **ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ УГЛА НАКЛОНА КРОМКИ ЛЕЗВИЯ НА КАСАТЕЛЬНУЮ СОСТАВЛЯЮЩУЮ СИЛЫ РЕЗАНИЯ И КАЧЕСТВО ОБРАБОТКИ**

### ***THEORETICAL RESEARCHES OF INFLUENCE OF THE ANGLE OF SLOPE OF THE CRIMP OF THE EDGE ON THE TANGENT COMPONENT OF FORCE OF CUTTING AND QUALITY OF PROCESSING***

*The design of a mill with adjustable knives in two coordinate planes is considered. Influence of an axial corner on quality of processing is defined. Change of a tangent of force of cutting at change of an axial corner is defined. Influence of the account of a corner of movement on change of a tangent of force of cutting at change of an axial corner is defined.*

Обработка древесины и древесных материалов методом фрезерования остается значимым технологическим процессом в столярно-строительном и мебельном производствах. Получение при этом продукции установленного качества согласно нормативно-технической документации с одновременным снижением энергетических затрат является и сегодня насущным вопросом для научных исследований. Для этих целей на кафедре деревообрабатывающих станков и инструментов разработана конструкция фрезы сборной, которая позволяет вести исследовательские работы в этом направлении благодаря возможности в конструкции инструмента изменять положение ножа относительно оси вращения (угол наклона кромки) и изменять передний и задние углы.

Рассмотрим конструкцию фрезы, имеющую возможность поворота режущей кромки вокруг двух осей, что позволит снизить силы резания, повысить суммарную стойкость инструмента, устранить сколы на обработанной поверхности.

На рисунке 1 показана конструкция сборной фрезы с изменяемыми угловыми параметрами. Сегментные узлы 1 имеют возможность перемещения относительно корпуса 2 вокруг оси, проходящей через режущую кромку ножа 3 (при  $\lambda = 0^\circ$ ), на угол  $\varepsilon$ .

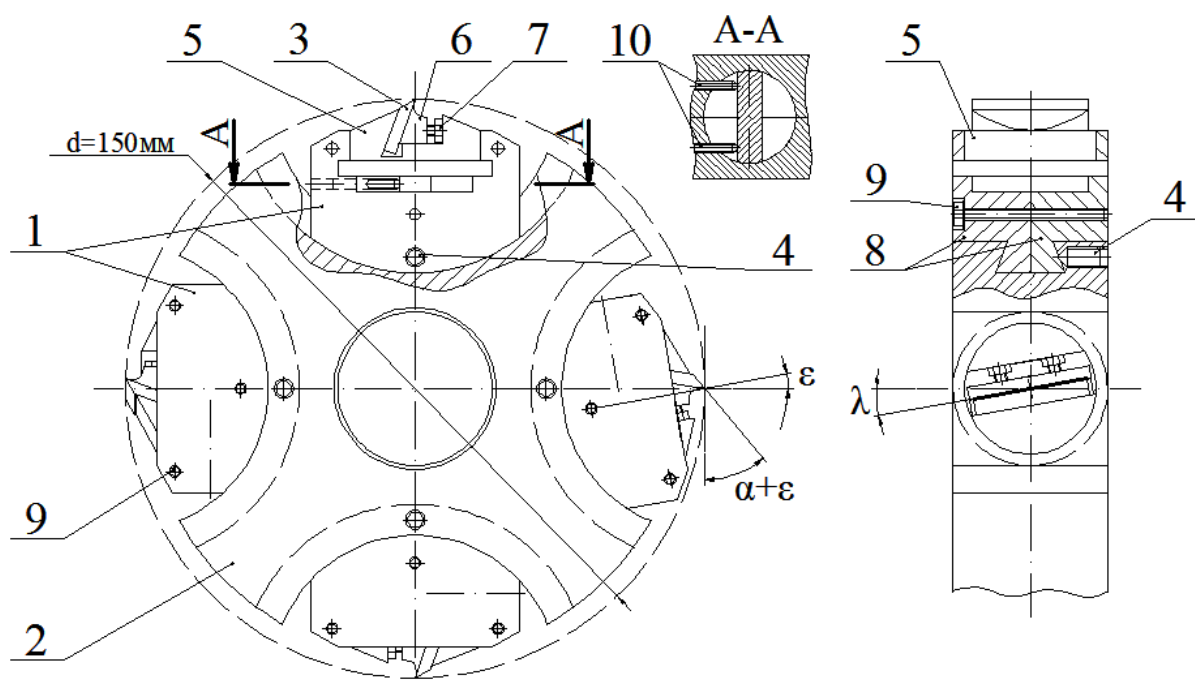


Рисунок 1 – Конструкция сборной фрезы с изменяемыми угловыми параметрами

Фиксация сегментных узлов в определенном положении осуществляется с помощью винтов 4. В сегментном узле расположен ножедержатель 5, в котором устанавливается нож и крепится клином 6 с помощью винтов 7. Ножедержатель устанавливается в двух сегментах 8, которые скрепляются винтами 9. Ножедержатель имеет возможность поворота относительно сегментов вокруг своей оси с помощью винтов 10 на угол  $\lambda$ .

В результате поворота ножедержателя обработанная поверхность имеет выпуклую форму (рисунок 2а) вследствие изменения диаметра резания по ширине обработки. На рисунке 2в жирной линией показана проекция части режущей кромки, задействованной в обработке заготовки, на плоскость  $N'$ , нормальную к оси вращения инструмента, при  $\varepsilon = 0^\circ$  и  $\lambda = 0^\circ$ ; видно, как изменяется диаметр резания по длине режущей кромки.

Рассмотрим влияние угла  $\lambda$  на отклонение от плоскостности  $\Delta f$  при  $\varepsilon = 0^\circ$ . Принимаем точность обработки по 11-му качеству, высоту детали  $b = 10, 18, 25$  мм.

Допуск плоскостности для принятых параметров составляет  $[\Delta f] = 0,1$  мм [1]. Принимаем следующие допущения: погрешности обработки, за исключением погрешности вследствие целенаправленного поворота ножедержателя, отсутствуют; геометрическая ось фрезы совпадает с геометрической осью заготовки (рисунок 2а), при этом заготовка будет обработана симметрично и отклонение от плоскостности  $\Delta f$  будет минимальным.

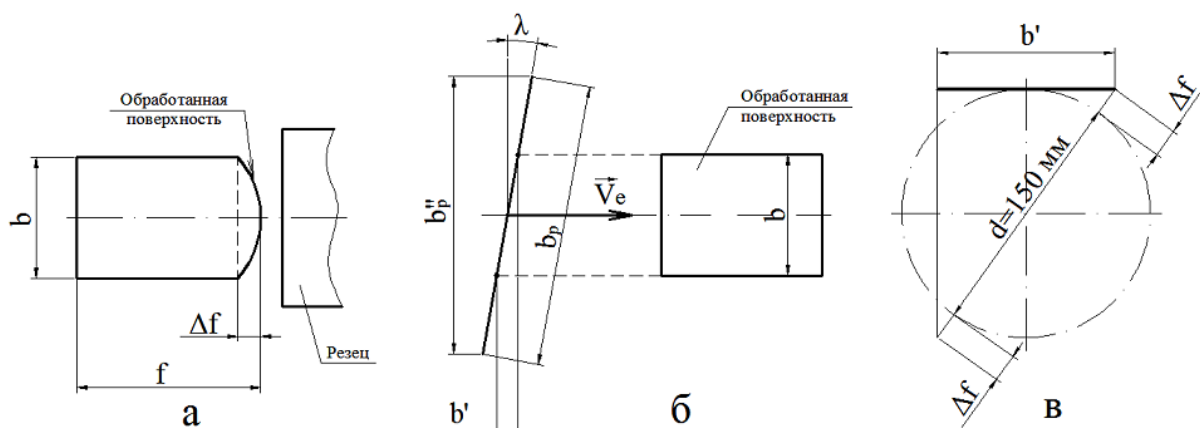


Рисунок 2 – Схема расчета отклонения от плоскостности  $\Delta f$

В соответствии с рисунком 2б проекция части режущей кромки, задействованной в обработке заготовки, на плоскость  $N'$  определяется по формуле

$$b' = b \cdot \operatorname{tg} \lambda. \quad (1)$$

В соответствии с рисунком 2в по теореме Пифагора

$$(d + 2\Delta f)^2 = d^2 + (b')^2. \quad (2)$$

откуда 
$$\Delta f = \frac{1}{2} \left( \sqrt{d^2 + (b')^2} - d \right) \quad (3)$$

где  $d$  – номинальный диаметр резания; для проектируемой фрезы  $d = 150$  мм.

Подставив (1) в (3), получим

$$\Delta f = \frac{1}{2} \left( \sqrt{d^2 + (b \cdot \operatorname{tg} \lambda)^2} - d \right). \quad (4)$$

Проекция режущей кромки на плоскость  $N''$ , перпендикулярную вектору скорости подачи, определяется по формуле:

$$b_{\delta}'' = b_{\delta} \cdot \cos \lambda. \quad (5)$$

где  $b_{\delta}$  – длина режущей кромки; для проектируемой фрезы  $b_{\delta} = 30$  мм.

В случае  $b = b_{\delta}''$  в соответствии с формулой (4)

$$\Delta f = \frac{1}{2} \left( \sqrt{d^2 + (b_{\delta}'' \cdot \operatorname{tg} \lambda)^2} - d \right). \quad (6)$$

По формуле (4) строим диаграмму, характеризующую зависимость отклонения от плоскостности  $\Delta f$  от угла  $\lambda$  для высот детали  $b = 10, 18, 25$  мм. (рисунок 3). На диаграмме изображаем кривую, отражающую случай, когда  $b = b_{\delta}''$ , а также наносим прямую, характеризующую допуск плоскостности  $[\Delta f]$ . В соответствии с формулой (6) кривая  $[\Delta f] = f(\lambda)$  пересечет ординату  $\Delta f$  при  $\lambda = 22^\circ$  при  $b = 19,2$  мм. Ни одна из трех кривых ( $[\Delta f] = f(\lambda)$  при  $b = 10, 18, 25$  мм.) не пересекает кривую  $b = b_{\delta}''$ , значит во всех трех случаях фрезерование будет открытым.

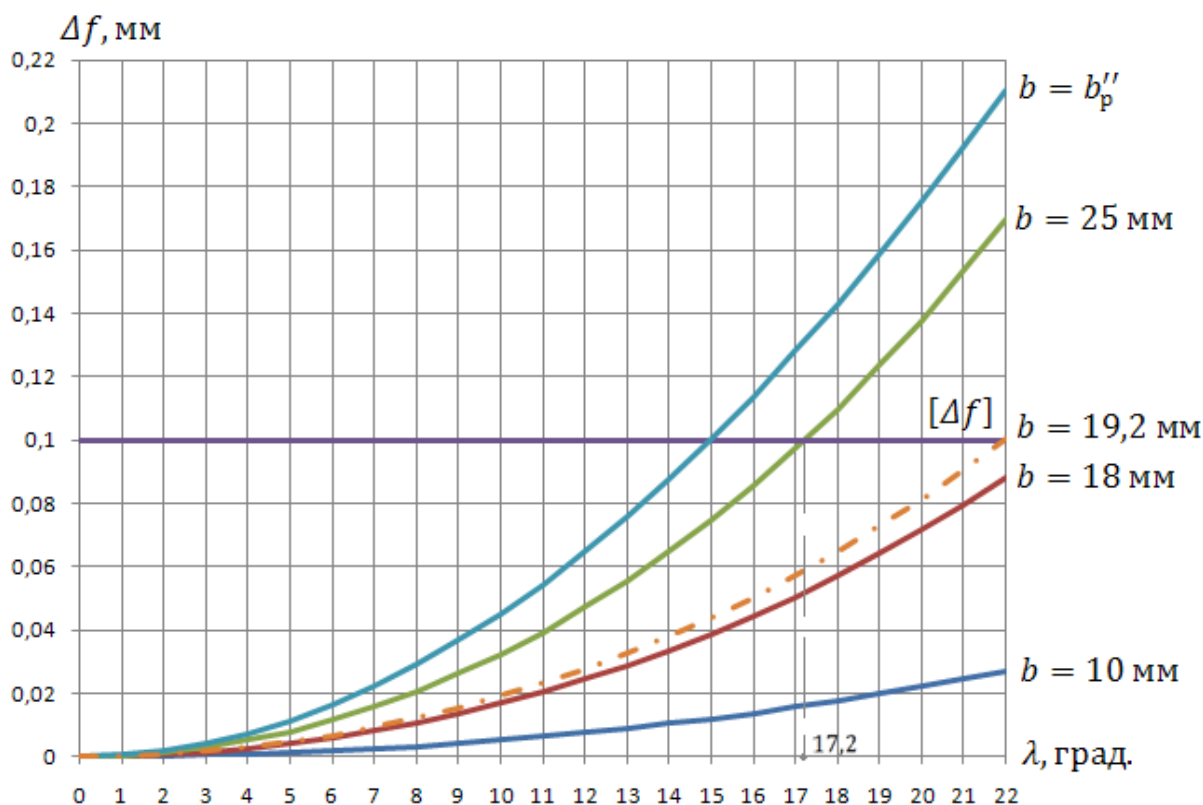


Рисунок 3 – Графики зависимости отклонения от плоскостности  $\Delta f$  от угла  $\lambda$

Изменение угла поворота кромки лезвия в плане (осевого угла)  $\lambda$  согласно [2] и [3] позволяет значительно снизить касательную силу резания при фрезеровании.

Определим изменение касательной силы резания при изменении осевого угла теоретическим путем при  $\varepsilon = 0^\circ$  по методике, приведенной в [2].

Задаемся необходимыми для расчетов параметрами: порода заготовки – сосна, скорость подачи  $V_s = 36$  м/мин, припуск на обработку  $h = 2$  мм, высота детали  $b = 10, 18, 25$  мм, частота вращения инструмента  $n = 5000$  мин<sup>-1</sup>. Для рассматриваемой фрезы количество резцов  $z = 4$ , номинальный задний угол  $\alpha_{\text{ном}} = 20^\circ$ , угол заострения  $\beta = 40^\circ$ . Принимаем, что угол кинематической встречи  $\theta$  равен углу перерезания волокон  $\psi$ ; резец абсолютно острый, т. е. коэффициент затупления  $a_p = 1$ .

Определяем необходимые для вычисления касательной силы резания параметры.

$$\text{Шаг ножей фрезы} \quad t = \frac{\pi \cdot d}{z} = \frac{3,14 \cdot 150}{4} = 117,75 \text{ мм.} \quad (7)$$

$$\text{Кинематический угол встречи} \quad \theta = \arcsin \sqrt{h/d} = \arcsin \sqrt{2/150} = 6,63^\circ \quad (8)$$

$$\text{Длина дуги контакта} \quad l = h / \sin \theta = 2 / \sin 6,63 = 17,32 \text{ мм.} \quad (9)$$

$$\text{Угол перерезания волокон} \quad \psi = \theta = 6,63^\circ. \quad (10)$$

Скорость главного движения при резании

$$V = \pi \cdot d \cdot n / 60 \cdot 1000 = 3,14 \cdot 150 \cdot 5000 / 60 \cdot 1000 = 39,25 \text{ м/с.} \quad (11)$$

Подача на резец

$$S_z = 1000 \cdot V_s / z \cdot n = 1000 \cdot 36 / 4 \cdot 5000 = 1,8 \text{ мм.} \quad (12)$$

Фиктивная удельная сила резания по задней поверхности резца

$$p = [0,16 + 0,0036 \cdot \psi] \cdot 10 = 1,8 \text{ Н/мм.} \quad (13)$$

Так как резание производится при наличии двух движений и углы резания в процессе обработки определяются относительно плоскости резания, то в действительности в процессе резания угловые параметры лезвий (рабочие углы резания) отличаются от номинальных (рисунок 4). Определим рабочий задний угол резания  $\alpha_p$  по методике, приведенной в [3].

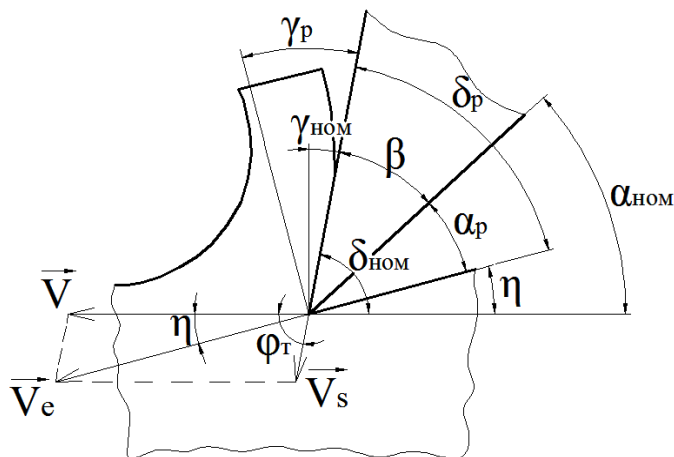


Рисунок 4 – Схема расчета рабочего заднего угла

Технологический угол

$$\varphi_T = 1/2 \cdot \arccos(d/2 - h)/d/2 = 6,63^\circ. \quad (14)$$

Угол движения (угол между вектором скорости резания  $V_d$  и вектором главной скорости  $V$ )

$$\eta = \arctg(V_s \cdot \sin \varphi_T / V + V_s \cdot \cos \varphi_T) = 1,167^\circ \quad (15)$$

Рабочий задний угол резания

$$\alpha_p = \alpha_{ном.} - \eta = 18,83^\circ \quad (16)$$

Рабочий угол резания

$$\delta_p = \alpha_p + \beta = 58,8^\circ \quad (17)$$

Действительный угол резания

$$\delta_D = \arctg(\tg \delta_{ном} \cdot \cos \lambda). \quad (18)$$

Среднее фиктивное давление по передней поверхности резца  $k$ , Н/мм<sup>2</sup>, определяется по формуле

$$k = [(0,02 + 0,0004 \cdot \psi) \delta_D + (0,007 + 0,00015 \cdot \psi) \cdot (90 - V) - (0,55 + 0,015 \cdot \psi)] \cdot 10 \quad (19)$$

Касательная сила резания, Н

$$F_x = (a_p \cdot p \cdot b + S_z \cdot \sin \theta \cdot k \cdot b) \cdot l / t. \quad (20)$$

Строим график зависимости касательной составляющей силы резания от угла  $\lambda$  (рисунок 5). Результаты вычислений касательной составляющей силы резания, уменьшения касательной силы составляющей силы резания за счет изменения угла  $\lambda$  представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Значения касательной силы резания в зависимости от угла  $\lambda$  и высоты детали  $b$

Высота детали	$\lambda = 0^\circ$	$\lambda = 17,2^\circ$	$\lambda = 22^\circ$	$F_{рез} \downarrow, \%$	$F_{рез} \downarrow, \%$ при $\alpha_p = \alpha_{ном}$
$b = 10$ мм	5,913194	-	5,780676	2,241	2,165
$b = 18$ мм	10,64375	-	10,40522	2,241	2,165
$b = 25$ мм	14,78299	14,58331	-	1,351	1,304

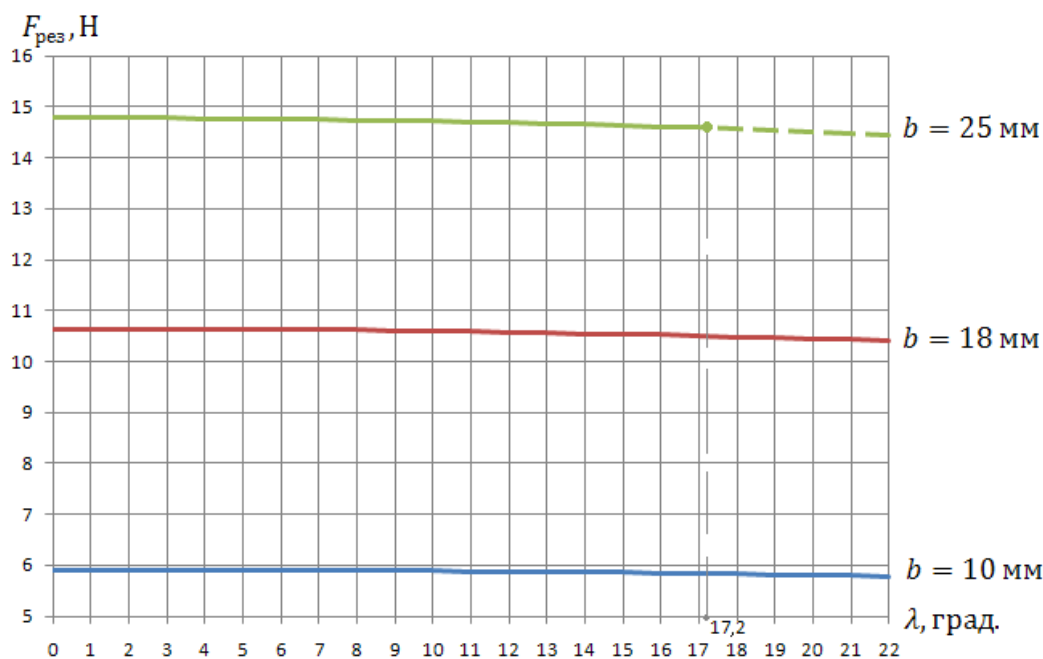


Рисунок 5 – график зависимости касательной силы резания от угла  $\lambda$

### Выводы

1. При принятых допущениях и параметрах обработки теоретические расчеты показывают, что угол поворота режущей кромки в плане  $\lambda = 0 \dots 22^\circ$  незначительно влияет на касательную составляющую силы резания (максимальное уменьшение на 2,169%).
2. Качество обработки (отклонение от плоскостности) заготовок высотой  $b < 19,2$  мм соответствует требованиям ГОСТ при  $\lambda = 0 \dots 22^\circ$ , при высоте заготовок  $b > 19,2$  мм отклонение от плоскостности при  $\lambda = 0 \dots 22^\circ$  будет выше допустимого.
3. Учет угла  $\eta$  не оказывает значительного влияния на уменьшение касательной силы резания при изменении угла  $\lambda$ , поэтому при расчетах углом  $\eta$  можно пренебречь.

### Библиографический список

1. Изделия из древесины и древесных материалов. Допуски формы и расположения поверхностей: ГОСТ 6449.3–1982.
2. Бершадский А.Л., Цветкова Н.И. Резание древесины. – Мн.: Выш. шк., 1975.
3. Любченко В.И. Резание древесины и древесных материалов. – М.: Лесн. пром-сть, 1986.



Рудак П.В., Гришкевич А.А.  
(БГТУ, Минск, РБ) [dosy@bstu.unibel.by](mailto:dosy@bstu.unibel.by)

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКЦИИ  
ХВОСТОВЫХ ФРЕЗ НА СОСТАВЛЯЮЩИЕ СИЛЫ РЕЗАНИЯ И  
УРОВЕНЬ ЗВУКОВОГО ДАВЛЕНИЯ (ШУМА)  
INFLUENCE OF HANK CUTTERS DESIGN ON CUTTING FORCE  
NOISE FACTOR**

*Influence of hank cutters design on cutting force noise factor depending on processing different wood species and wood-based materials is discussed in the article. The shared study is carried out by the Woodworking machinery and equipment (BSTU) and Institute of metal-working equipment, department of woodworking Stuttgart University.*

Для получения из древесины и древесных материалов мебельных, строительных и других деталей разнообразной формы широко применяют хвостовые фрезы, которые обладают широкими эксплуатационными возможностями и обеспечивают возможность не только обрабатывать заготовку по периметру, но и осуществлять ее раскрой. Это позволяет за одну установку заготовки на рабочем столе станка изготавливать целый комплект деталей.

Распространено цилиндрическое фрезерование хвостовыми фрезами, при котором режущие кромки инструмента в процессе вращения описывают цилиндрическую поверхность, что позволяет осуществлять чистовую обработку боковых поверхностей заготовок параллельно оси вращения инструмента [1]. Именно такого рода боковые поверхности находят широкое распространение в изделиях из древесных материалов.

Цилиндрические хвостовые фрезы характеризуются многообразием конструкций, наиболее распространенные из которых представлены в таблице 1.

Белорусским государственным технологическим университетом (кафедра деревообрабатывающих станков и инструментов) и Штутгартским университетом (Институт металлообрабатывающего оборудования, Германия) выполнены совместные экспериментальные исследования силовых характеристик и уровней звукового давления (воздушного шума) процесса обработки древесины различных пород, а также древесных материалов хвостовыми фрезами двух конструкций: с непрерывным (рис. 1, а.) и прерывистым каналами отвода стружки из зоны резания (рис. 1, б.).


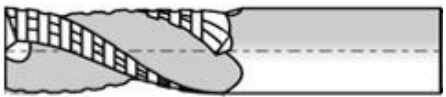
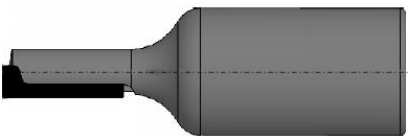
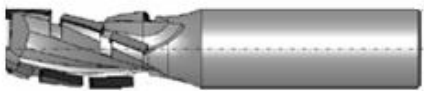
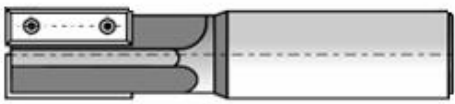
Применена измерительная система, в состав которой входят: универсальный динамометр УДМ-1200, вторичный преобразователь EX-UT10 (Япония), персональный компьютер. Измерительная система устанавливалась на современный деревообрабатывающий центр с ЧПУ ROVER B 4.35 (рис. 2).

Исследования для фрезы со сплошным каналом отвода стружки (фреза 1) осуществлялись для трех положений хвостовой фрезы относительно заготовки ( $-1, 0, +1$ ) (рис. 3).

Опыты показали незначительное влияние положения фрезы относительно заготовки на регистрируемые силовые параметры. Для фрезы с прерывистым каналом отвода стружки опыты проводились только для положения 0.



Таблица 1 – Распространенные конструкции хвостовых фрез для обработки древесных материалов

Тип	Внешний вид концевой фрезы	Описание конструкции
Монолитные из твердого сплава		Монолитная со спиральным лезвием из твердого сплава
		Монолитная со спиральным разделенным лезвием из твердого сплава
Сборные с резами из твердого сплава		Сборная с неразъемным креплением твердосплавного резца пайкой
		Сборная со спиральным разделенным лезвием из твердого сплава, сформированным неразъемным креплением твердосплавных резцов пайкой
		Сборная с механическим креплением твердосплавных резцов

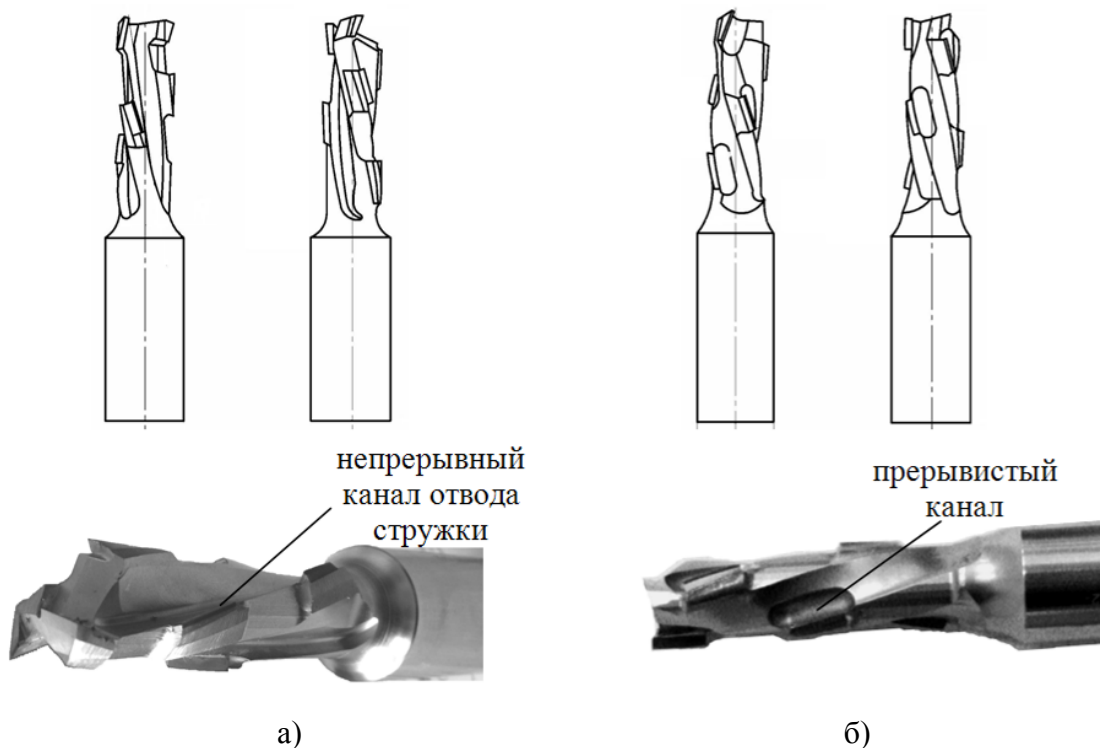


Рисунок 1 – Хвостовая фреза с непрерывным (а) прерывистым (б) каналами отвода стружки из зоны резания



Рисунок 2 – Экспериментальная установка

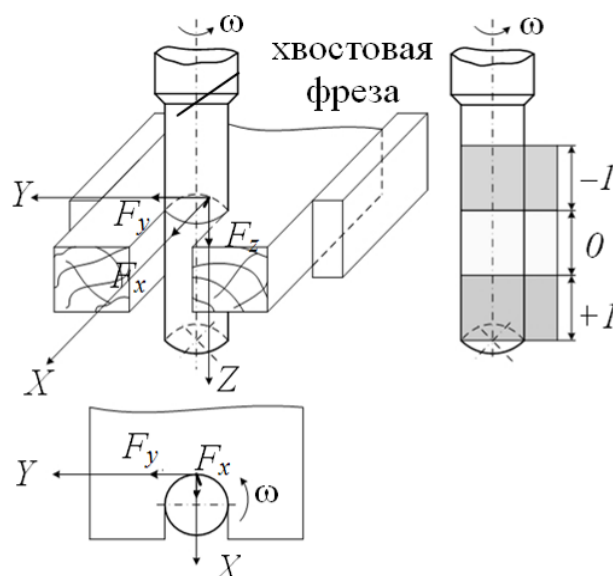


Рисунок 3 – Схема обработки заготовок хвостовыми фрезами

Результаты проведенного эксперимента для сравнения работы двух хвостовых фрез с регистрацией силовых характеристик представлены в таблице 2.

На рис. 4 представлены графики зависимостей величин касательной составляющей силы резания от частоты вращения хвостовой фрезы при обработке различных пород древесины, а также различных древесных материалов (после названия обрабатываемого материала указан номер хвостовой фрезы, которой выполнялась обработка).

Для регистрации уровней звукового давления в процессе экспериментов использовался комплекс измерительный переносной K5101 (National Instruments, США), оснащенный микрофоном 4942-A-021 типа IEPЕ.

Таблица 2 – Результаты проведенного эксперимента

Материал	Позиция инструмента	Частота вращения инструмента, $n$ (мин <sup>-1</sup> )	Скорость подачи, $V_s$ (м/мин)	Силы, Н (фреза со сплошным каналом отвода стружки, фреза 1)			Силы, Н (фреза с прерывистым каналом отвода стружки, фреза 2)		
				$F_x$	$F_y$	$F_z$	$F_x$	$F_y$	$F_z$
MDF	+1	12 000	6,6	32,576	176,432	19,469	–	–	–
		16 000	8,8	36,937	177,536	11,008	–	–	–
		20 000	11,0	39,835	180,262	12,649	–	–	–
	0	12 000	6,6	31,931	174,773	51,225	17,250	138,509	57,440
		16 000	8,8	36,513	175,685	52,826	15,640	143,872	56,675
		20 000	11,0	35,137	166,887	54,327	15,225	153,671	61,933
	–1	12 000	6,6	40,626	172,279	59,752	–	–	–
		16 000	8,8	38,718	168,776	58,546	–	–	–
		20 000	11,0	41,016	166,259	58,550	–	–	–
ДСтП	+1	12 000	6,6	45,863	112,797	46,125	–	–	–
		16 000	8,8	47,247	117,446	6,325	–	–	–
		20 000	11,0	46,399	122,831	12,055	–	–	–
	0	12 000	6,6	40,907	115,984	7,099	38,277	115,299	42,258
		16 000	8,8	44,161	117,450	36,793	33,499	102,657	37,118
		20 000	11,0	47,333	117,346	36,861	35,579	110,306	40,661
	–1	12 000	6,6	48,468	126,672	42,711	–	–	–
		16 000	8,8	49,112	123,736	40,911	–	–	–
		20 000	11,0	49,817	124,436	46,219	–	–	–
Береза	+1	12 000	6,6	–	–	–	–	–	–
		16 000	8,8	–	–	–	–	–	–
		20 000	11,0	–	–	–	–	–	–
	0	12 000	6,6	43,726	298,973	92,775	17,149	254,223	93,513
		16 000	8,8	26,908	299,094	88,000	14,611	250,466	100,591
		20 000	11,0	49,171	308,514	83,189	13,134	253,608	96,624
	–1	12 000	6,6	–	–	–	–	–	–
		16 000	8,8	–	–	–	–	–	–
		20 000	11,0	–	–	–	–	–	–
Ясень	+1	12 000	6,6	–	–	–	–	–	–
		16 000	8,8	–	–	–	–	–	–
		20 000	11,0	–	–	–	–	–	–
	0	12 000	6,6	39,981	311,057	84,275	12,124	272,824	102,156
		16 000	8,8	47,515	322,847	93,945	17,091	252,128	95,859
		20 000	11,0	50,845	320,625	87,423	14,72	262,697	103,584
	–1	12 000	6,6	–	–	–	–	–	–
		16 000	8,8	–	–	–	–	–	–
		20 000	11,0	–	–	–	–	–	–
Бук	+1	12 000	6,6	–	–	–	–	–	–
		16 000	8,8	–	–	–	–	–	–
		20 000	11,0	–	–	–	–	–	–
	0	12 000	6,6	42,661	252,820	67,353	21,392	214,481	75,722
		16 000	8,8	41,208	230,373	56,529	25,265	203,426	74,262
		20 000	11,0	42,956	228,943	72,523	16,489	216,889	82,896
	–1	12 000	6,6	–	–	–	–	–	–
		16 000	8,8	–	–	–	–	–	–
		20 000	11,0	–	–	–	–	–	–

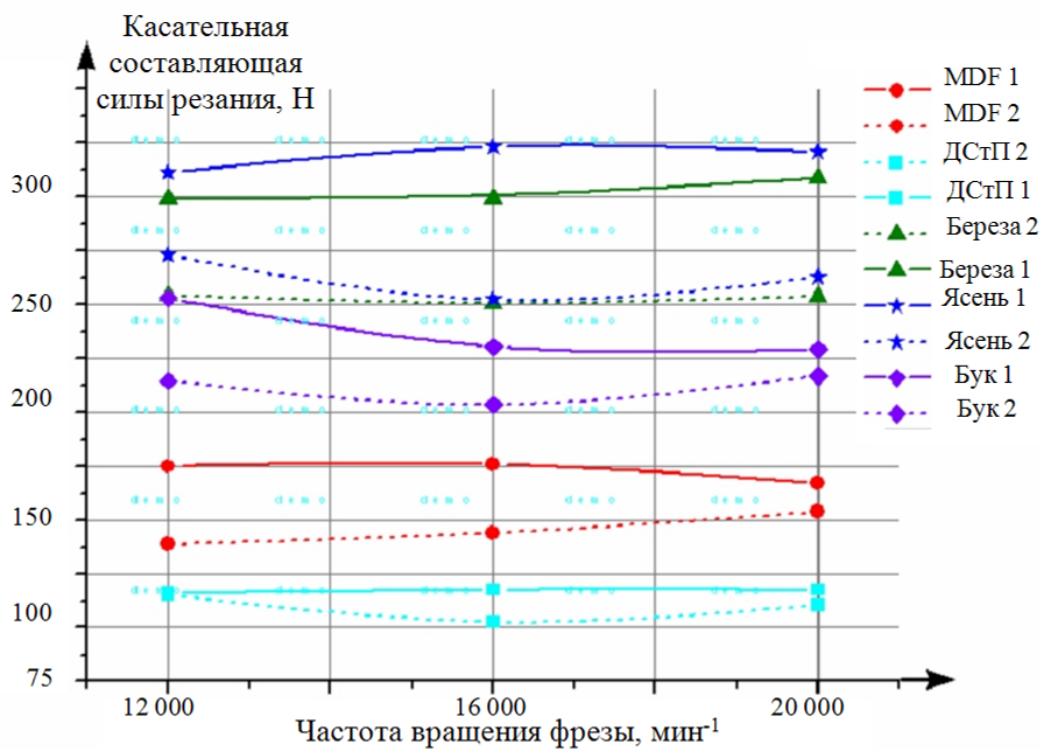


Рисунок 4 – Графики зависимостей величин касательной составляющей силы резания от частоты вращения хвостовой фрезы

Таблица 3 – Режимы эксплуатации хвостовой фрезы в эксперименте по влиянию положения фрезы относительно заготовки на уровень звукового давления

Обрабатываемый материал	Положение фрезы	Частота вращения фрезы, $n, \text{мин}^{-1}$	Скорость подачи, м/мин	Уровень звукового давления (фреза 1), дБА	
				холостой ход	резание
ДСтП	1	12 000	6,6	77,6	85,2
	1	16 000	8,8	78,5	86,1
	1	20 000	11,0	83,9	90,3
	0	12 000	6,6	77,8	85,4
	0	16 000	8,8	78,3	86,3
	0	20 000	11,0	83,6	90,8
	-1	12 000	6,6	77,5	85,8
	-1	16 000	8,8	78,9	86,5
	-1	20 000	11,0	83,4	89,9

Установлено, что положение хвостовой фрезы относительно заготовки не оказывает существенного влияния на уровень звукового давления при резании. В связи с этим, исследование влияния частоты вращения хвостовой фрезы на уровень звукового давления далее осуществлялось при положении инструмента медиально относительно обрабатываемого материала (режимы приведены в табл. 4).

По результатам экспериментальных исследований построены соответствующие графические зависимости (рис. 5).

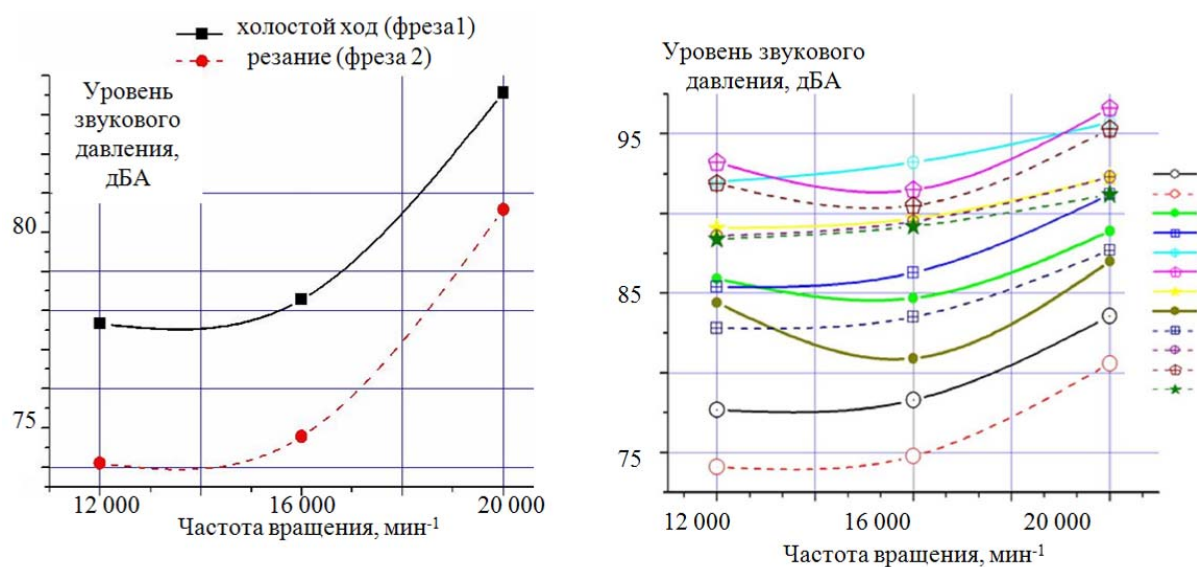


Рисунок 5 – Графики зависимостей уровней звукового давления хвостовой фрезы от частот ее вращения

Таблица 4 – Влияние частоты вращения хвостовых фрез двух конструкций на уровень звукового давления

Обрабатываемый материал	Частота вращения, $n$ , мин <sup>-1</sup>	Скорость подачи, м/мин	Уровень звукового давления, дБА			
			фреза 1		фреза 2	
			хол. ход	рез	хол. ход	рез
MDF	12 000	6,6	78,4	85,9	74,7	84,4
	16 000	8,8	78,5	84,7	76,7	80,9
	20 000	11,0	82,4	88,9	82,4	87,0
ДСтП	12 000	6,6	78,8	85,4	73,2	82,8
	16 000	8,8	78,4	86,3	74,2	83,5
	20 000	11,0	82,9	91,2	76,1	87,7
Бук	12 000	6,6	77,1	92	74	88,6
	16 000	8,8	78,3	93,2	75,4	89,5
	20 000	11,0	85,1	95,7	82,1	92,3
Дуб	12 000	6,6	77,3	93,2	74,2	91,9
	16 000	8,8	78,3	91,5	73,8	90,5
	20 000	11,0	86,4	96,6	82,2	95,3
Береза	12 000	6,6	76,7	89,1	74,4	88,4
	16 000	8,8	77,9	89,7	73,8	89,2
	20 000	11,0	81	92,3	80,1	91,2
Среднее	12000		<b>77,66</b>		<b>74,1</b>	
	16000		<b>78,28</b>		<b>74,8</b>	
	20000		<b>83,56</b>		<b>80,6</b>	

На рис. 3 (справа) легенды к графикам последовательно сверху вниз: холостой ход фрезы 1, холостой ход фрезы 2; далее резание: MDF фрезой 1, ДСтП фрезой 1, береза - 1, дуб - 1, бук - 1, MDF - 2, ДСтП - 2, береза - 2, дуб - 2, бук - 2.

В результате анализа экспериментальных данных установлено, что на эффективность удаления стружки из зоны резания оказывает существенное влияние конструкция инструмента, при этом, отражаясь на силовых, энергетических показателях процесса обработки, уровнях звукового давления при резании.

Фреза с прерывистым каналом отвода стружки показала несколько лучшие результаты по силовым характеристикам процесса по сравнению с инструментом другой конструкции. Это объясняется механизмом удаления продуктов резания из зоны разрушения материала (двойное стружкообразование) [2]. Направленность отвода стружки (организация потока) из зоны резания у фрезы с непрерывным каналом лучше.

На образцах из натуральной древесины получили ожидаемый рост сил резания, т.к. большие углы резания, свыше  $80^\circ$ , (угол заточки  $60^\circ$ , задний угол  $20^\circ$ ) не предназначены для обработки натуральной древесины.

## Библиографический список

1. Бершадский, А. Л. Резание древесины / А. Л. Бершадский, Н. И. Цветкова. – Минск: Выш. школа, 1975. – 304 с.
2. Ящерицын, П. И. Теория резания: учеб. / П. И. Ящерицын, Е. Э. Фельдштейн, М. А. Корниевич. – Мн.: Новое знание, 2005. – 512 с.

**Сулинов В.И., Ветошкин Ю.И., Щепочкин С.В., Казакова А.В.**  
(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

## **СТАНОК ДЛЯ ШЛИФОВАНИЯ ПРЯМЫХ ПРОФИЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ** *EQUIPMENT FOR GRINDING STRAIGHT PROFILE DETAILS*

*The article is devoted to designing equipment which combines grinding and waste aspiration mechanisms driven by the same engine.*

Шлифование прямых профильных деталей на практике нередко осуществляется на универсальных фрезерных станках легкого типа. При этом на шпиндель этих станков вместо насадной фрезы устанавливается объемный абразивный круг из нетканого материала. Такие круги, например, широко рекламирует компания «Лайнер-Белт». С этой же целью используются шлифовальные головки щеточного типа. Мощность, необходимая непосредственно для шлифования в рассматриваемом случае, как правило, не превышает 0,4 ... 0,5 кВт.

Для удаления образующихся в процессе шлифования отходов шлифовальный инструмент оборудуется пылеприемником, который в современных условиях присоединяют к автономному стружкоотсосу типа УВП-1000 с мощностью привода 0,75 кВт.

Таким образом, для осуществления процесса шлифования профильных погонажных деталей традиционным способом без учета механизма подачи в приводах используются два независимых электродвигателя.

Авторами предлагается объединить два независимых механизма: механизм шлифования и механизм аспирации отходов в один механизм, с приводом от одного общего двигателя (рис. 1). Такое объединение может позволить сэкономить производственную площадь и сократить суммарные затраты, связанные с решением задачи шлифования профильных погонажных деталей.

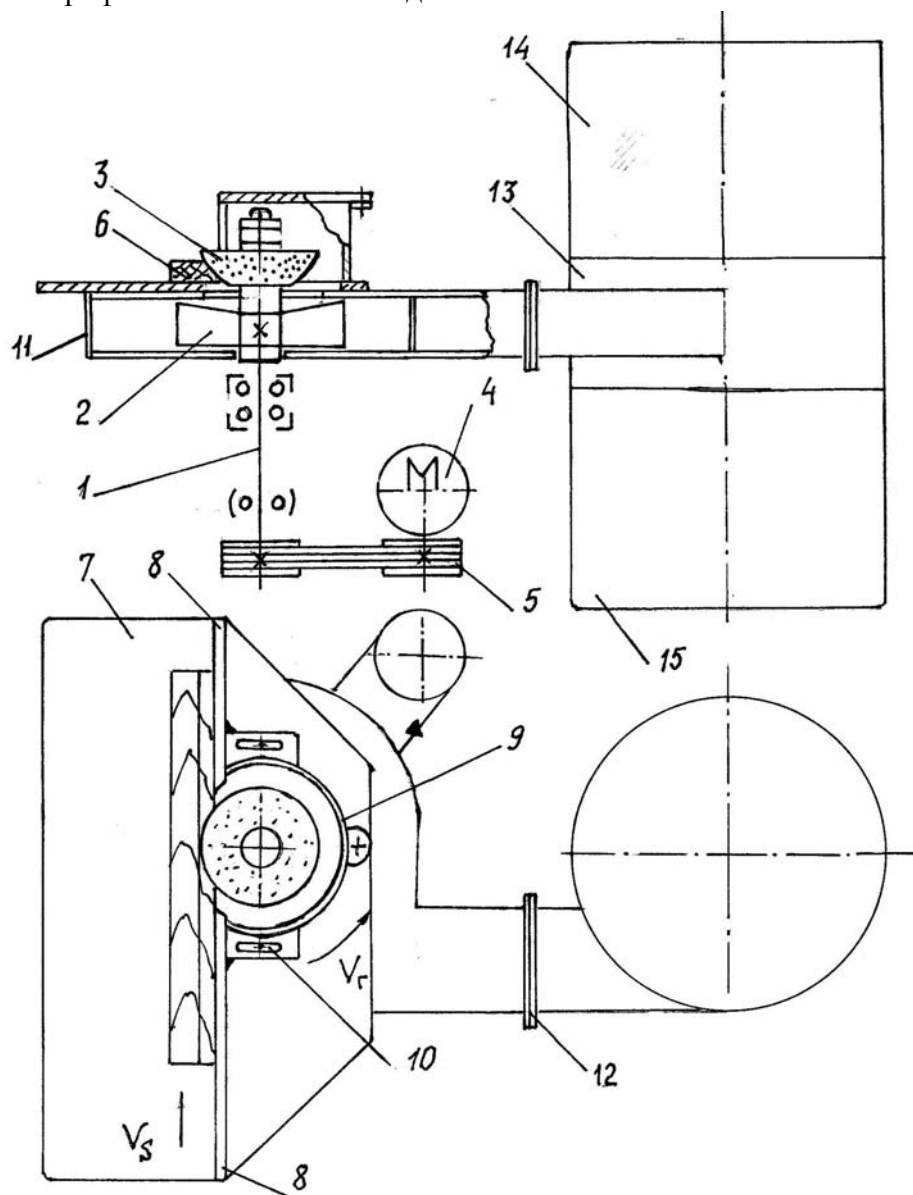


Рисунок 1 – Станок для шлифования прямых профильных деталей

Как видно из рис. 1, станок для шлифования прямых профильных деталей включает в себя вертикально установленный шпиндель 1, на верхней консоли которого последовательно установлены вентиляторное колесо 2 и профильный шлифовальный круг 3. Привод шпинделя осуществляется от электродвигателя 4 через ременную передачу 5. Обрабатываемая деталь 6 базируется по двум плоскостям: по горизонтальной плоскости стола 7 и вертикальной плоскости направляющих линеек 8. Направляющие

линейки 8 жестко соединены с ограждением 9 и вместе с последним могут перенастраиваться в горизонтальной плоскости относительно оси шпинделя 1 за счет пазов 10.

При правильной настройке линеек 8 образующие абразивного круга 3 должны выступать за базовую плоскость этих линеек на величину, превышающую глубину профиля шлифуемой детали на 0,2...0,4 мм. При этом в зоне шлифования будет обеспечен необходимый контакт без искажения прямолинейности детали в процессе шлифования.

Вентиляторное колесо 2 совместно с ограждающим его кожухом 11 образуют центробежный вентилятор, который посредством фланца 12 соединяется с пылеотделителем, состоящим из трех частей: циклонного элемента 13, матерчатого фильтра 14 и накопительной емкости отходов 15.

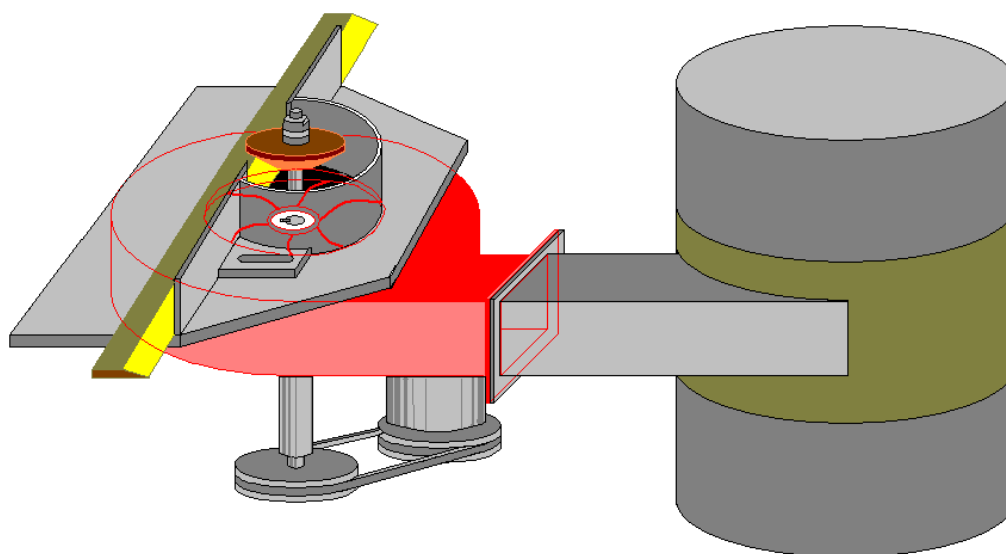


Рисунок 2 – Компонентная схема станка для шлифования прямых профильных деталей

Для того, чтобы рассчитать геометрические параметры данного вентилятора, примем за основу следующие показатели проектируемого станка: частота вращения шпинделя  $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$ , производительность вентилятора  $Q = 1000 \text{ м}^3/\text{ч}$  или  $Q = 0,277 \text{ м}^3/\text{с}$ , развиваемый вентилятором напор  $H = 800 \text{ Па}$ .

Пользуясь методиками [1], [2], находим, что диаметр входного отверстия данного вентилятора равен  $D_0 = 0,180 \text{ м}$ , диаметр рабочего колеса  $D_2 = 0,270 \text{ м}$

Число лопаток колеса 2 находим по формуле [1]

$$Z = \pi \left( \frac{D_2 + D_1}{D_2 - D_1} \right),$$

где  $D_1$  – внутренний диаметр колеса 2 (рис. 3.), примем конструктивно  $D_1 = 70 \text{ мм}$ .

Отсюда  $Z = 5,338$ , принимаем  $Z = 6$ .

Ширина рабочего колеса вентилятора при коэффициенте запаса  $K = 1,5$  составит  $B = 68 \text{ мм}$ . Величина раскрытия спирального корпуса вентилятора равна  $A = 80 \text{ мм}$ . Стрела кривизны  $f$  лопаток вентиляторного колеса для условия оптимального угла  $\beta_2 = 140...160$  на входе воздушного потока [2] составит  $f = 28 \text{ мм}$ , (рис. 3).



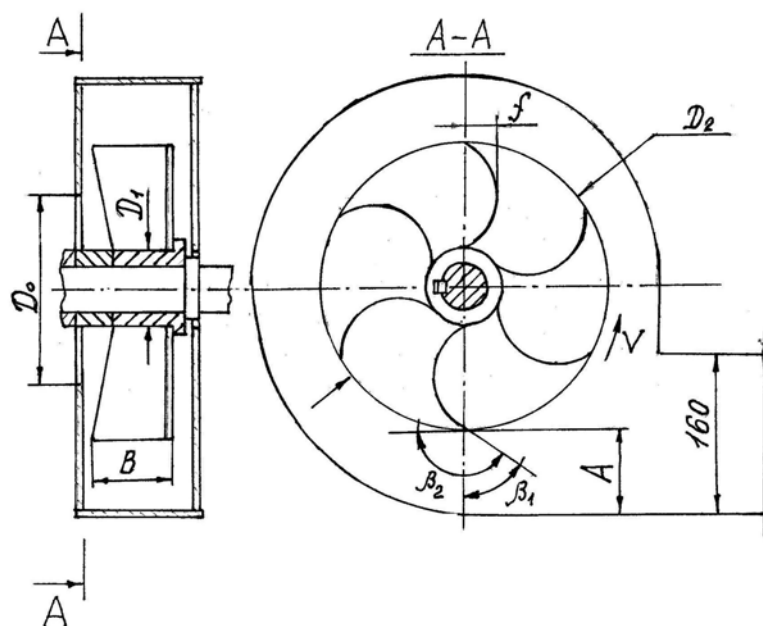


Рисунок 3 – Схема к определению геометрических параметров вентилятора

Диаметр цилиндра циклонного элемента 13 принимаем равным  $D = 0,5$  м. Высота емкости матерчатого фильтра при скорости выходящего воздуха  $V \leq 0,2$  м/с должна быть не менее 750 мм. Высота накопительной емкости ограничивается свободным пространством под циклонным элементом. Мощность приводного электродвигателя для проектируемого станка составит  $P = 1,1$  кВт.

#### Библиографический список

1. Калинушкин, М.П. Вентиляторные установки [Текст] / М.П. Калинушкин. – М.: Высш.шк., 1979. – 220 с.
2. Сулинов, В.И. К вопросу расчета аспирационных систем [Текст] / В.И. Сулинов, А.К. Гороховский, С.В., С.В. Щепочкин // Актуальные проблемы лесного комплекса: сб. науч. трудов по итогам IX международной научно-техн. конф. Вып. 21 / БГИТА. – Брянск, 2008. – С. 276 – 278.

Сулинов В.И., Щепочкин С.В. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

### РОЛИКОВЫЙ АВТОПОДАТЧИК К ФУГОВАЛЬНОМУ СТАНКУ ROLLER AUTOMATIC FEEDER OF THE JOINTING MACHINE

*Roller automatic feeders for the jointing machines with a drive of a forward roller using free-wheel clutch promote technological possibilities of standard feeders of roller type.*

Традиционные средства механизации процесса подачи заготовок на фуговальных станках в виде роликовых и конвейерных автоподатчиков используются далеко не в полной мере. Объясняется это тем, что известные конструкции автоподатчиков не всегда гарантируют качественное (без выпрямления) базирование заготовок, а также не

отличаются мобильностью при перенастройке и надежностью при эксплуатации. Первый недостаток наиболее характерен для роликовых автоподатчиков, а второй - в большей степени сопутствует конвейерным автоподатчикам.

Как известно, для снижения эффекта «выпрямления» заготовки от сосредоточенного усилия переднего подающего ролика, его рекомендуется устанавливать на расстоянии 50...60 мм от кромки стола перед ножевым валом.

Предположим, что зона действия конвейерного автоподатчика над передним столом фуговального станка находится в пределах 120 мм.

При обработке деталей длиной 1000 мм, сечением  $B \times H = 50 \times 20$  мм, при толщине снимаемого слоя  $h = 1$  мм, со скоростью подачи  $V_s = 12$  м/мин прогиб детали от давления ролика и конвейера составит соответственно  $f_p = 0,168$  мм,  $f_k = 0,115$  мм. Очевидно, что если скорость подачи уменьшить, например, вдвое, то соответственно потребуется пропорционально меньшее давление со стороны подающих органов, а, значит, и величина деформации заготовок сократится во столько же раз. В отличие от конвейерного механизма снижение скорости у роликового автоподатчика в момент прохождения заготовки под первым роликом можно вполне компенсировать увеличением скорости подачи за счет второго ролика. А, для того, чтобы первый ролик не «тормозил» процесс подачи его следует приводить в движение через обгонную муфту.

На рис. 1. представлен вариант роликового автоподатчика в виде следующей кинематической схемы.

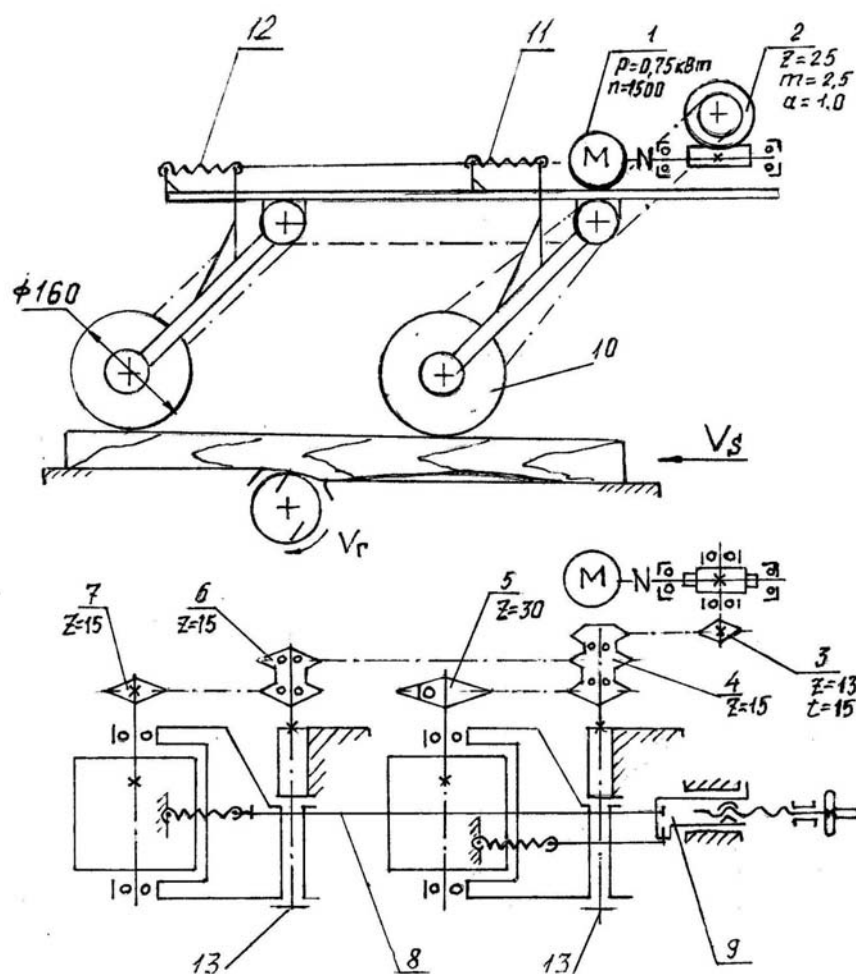


Рисунок 1 – Роликовый автоподатчик с приводом через обгонную муфту

Привод роликов 10 осуществляется от двигателя 1, редуктора 2, далее через систему цепных передач: от звездочки 3 к блоку из трех звездочек 4, которая в свою очередь сообщает движение через звездочку 5 первому подающему ролику 10, а через звездочку 6 – второму подающему ролику. Поскольку в корпус звездочки 5 встроена обгонная муфта рис. 2. движение первому ролику может передаваться только в одном направлении.

Конструктивной особенностью узла установки обгонной муфты является то, что радиальная нагрузка от цепной передачи через звездочку 1 (рис. 2.) воспринимается не роликами 4 обгонной муфты, а радиальным шарикоподшипником 2. Это приводит к увеличению долговечности работы обгонной муфты. Крышка 3 служит обоймой муфты и замыкающим звеном данного узла.

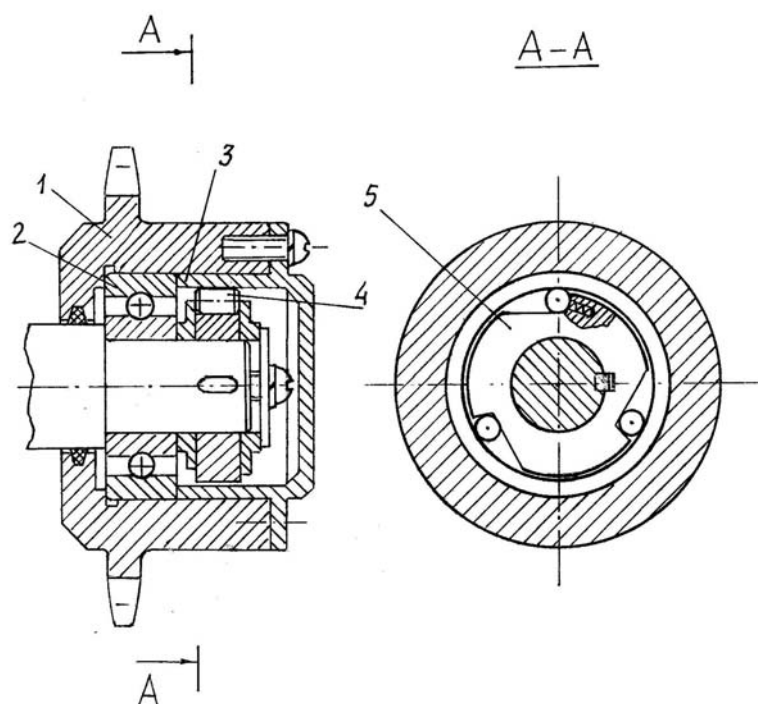


Рисунок 2 – Узел установки обгонной муфты

Положительной особенностью данного роликового автоподатчика является также то, что настройка его по высоте осуществляется за счет поворота роликов относительно неподвижно закрепленных осей 13 с помощью двух гибких тяг 8, приводимых в движение пинольным механизмом 9. При этом предполагается, что сила прижима подающих роликов будет возрастать пропорционально увеличению высоты заготовок.

В этом случае тяговая способность роликов будет автоматически увеличиваться. За счет поворота роликов 10 автоподатчик настраивается на обработку заготовок по высоте в диапазоне от 10 до 100...120 мм.

Шабалин Л.А., Шарков А.С. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ) [dm@usfeu.ru](mailto:dm@usfeu.ru)

Дорохов С.П., Старцев С.А. (НПП «Старт», г. Екатеринбург, РФ)

## МОДЕРНИЗАЦИЯ МИНИ-ТРАКТОРА ГНОМ MINITRACTOR GNOM MODERNIZATION

*The article presents minitractor GNOM modernization project which improves its operational performance.*

Нами выполнен проект модернизации гусеничного мини-трактора Гном, выпускаемого небольшими партиями Екатеринбургским Научно-производственным предприятием (НПП) «Старт» для предприятий и индивидуальных предпринимателей лесной отрасли.



Рисунок – Мини-трактор Гном с прицепом

В базовом варианте управление механизмами трактора осуществляется через штангу оператором, идущим впереди трактора.

Технические характеристики трактора: грузоподъемность—1000кг; максимальная скорость движения – 5 км/ч; тип тягового двигателя—четырёхтактный бензиновый с воздушным охлаждением; мощность тягового двигателя – 8.1 кВт; тип управления – рычажно-гидравлическое; длина – 4150 мм; ширина – 1170 мм; высота – 1700 мм; масса – 750 кг.

В модернизированном варианте принципиально изменилось управление механизмами трактора за счёт установки для оператора кабины и размещения в ней различных контролирующих и управляющих приборов, кнопок, рычагов.

Существенные изменения внесены в трансмиссию трактора, состоящей из двигателя внутреннего сгорания (ДВС), соединенного с гидронасосом, двух гусениц, вы-

полненных из прорезининной ленты с внешними зацепами и внутренними зацепами - направляющими, привод которых осуществляют две звёздочки выполненные в виде пневмоколеса, размещённые в передней части трактора. Звёздочки соосно соединены с низкооборотными гидродвигателями.

Опыт эксплуатации гидронасоса и гидродвигателей итальянского производства выявил их недостаточную надёжность из-за высоких требований к качеству масла.

В предположенном варианте трансмиссии приводные звёздочки гусениц размещены в задней части трактора. Гидронасос и два высокооборотных гидродвигателя имеют повышенную надёжность и производятся Екатеринбургским заводом «Пневмостроймашина». Гидродвигатели соосно соединены с одноступенчатыми планетарными редукторами, встроенными в ступицы приводных звёздочек.

Частично внесены изменения в конструкцию сварной рамы. ДВС и грузовая лебёдка остались без изменения.

Проведённая модернизация позволит существенно улучшить условия работы оператора, повысить надёжность гидросистемы, увеличить максимальное тяговое усилие на крюке на 16%, снизить нагруженность элементов гусеницы, увеличить максимальную скорость до 5,6 км/ч, повысить привлекательность трактора и его конкурентоспособность.

**Шабалин Л.А., Шарков А.С.**

(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ) [dm@usfeu.ru](mailto:dm@usfeu.ru)

### **МОТОР-КОЛЕСО** **THE MOTOR-WHEEL**

*Novel motor-wheel design with the planetary reducer built into the nave was proposed for minitractor GNOM.*

При модернизации трансмиссии гусеничного мини-трактора Гном, выпускаемого Екатеринбургским Научно – производственным предприятием (НПП) «Старт», был разработан технический проект привода гусеницы, который в базов варианте состоит из пневмоколеса, имеющего на наружной поверхности 12 впадин под зацепы гусеницы и соосно соединённого с ним низкооборотным гидродвигателем. Гидродвигатель и гидронасос были итальянского производства, требовали высококачественного масла и при эксплуатации наблюдались серьёзные отказы.

В разработанном варианте были установлены хорошо зарекомендовавшие в России аксиально-поршневые гидронасос и высокооборотные гидродвигатели производства Екатеринбургского завода «Пневмостроймашина».

Применение высокооборотных гидродвигателей потребовало установку между колесом и мотором редуцирующей передачи. На рисунке предложен рабочий вариант мотор-колеса, состоящего из аксиально-поршневого гидродвигателя 1, пустотелой цапфы 2, закреплённой консольно на раме трактора и на которую установлены два конических роликоподшипника 3.

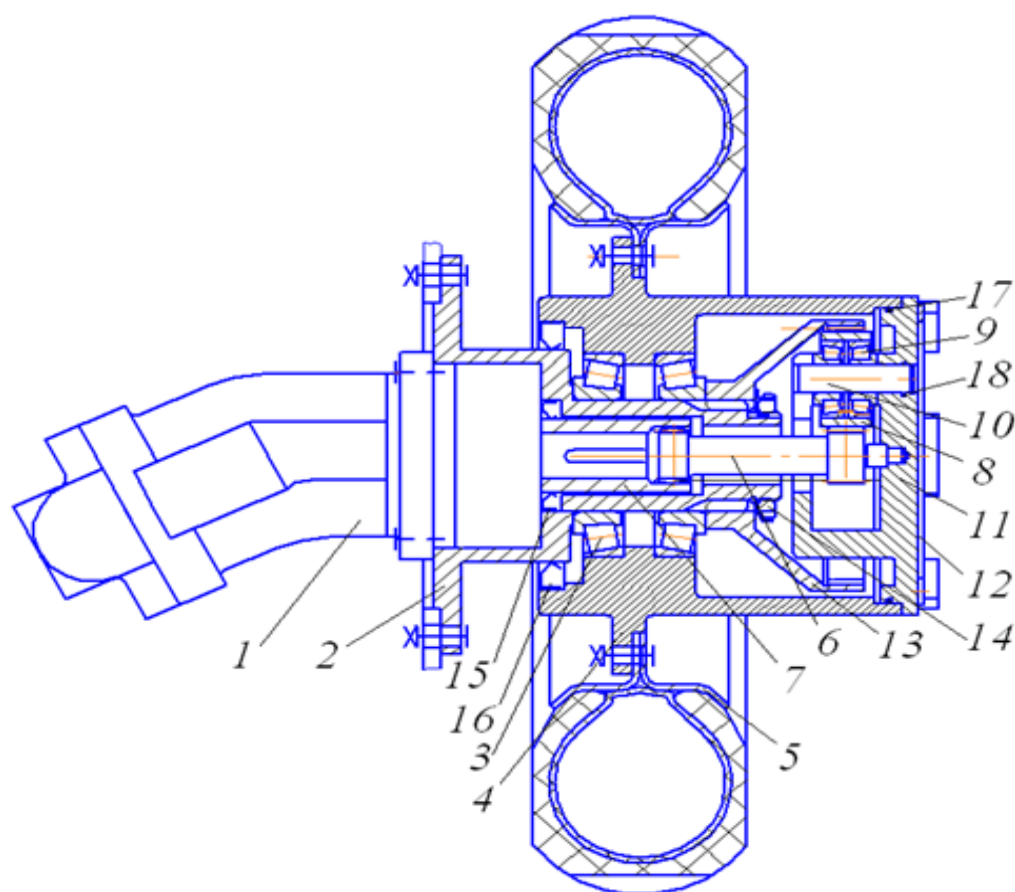


Рисунок – Рабочий вариант мотор-колеса: 1 - гидродвигатель; 2 - цапфа; 3 - подшипник; 4 - ступица; 5 - обод колеса; 6 - шестерня-вал; 7 - муфта; 8 - сателлит; 9 - подшипник; 10 - ось сателлита; 11 - крышка-водило; 12 - кольцо стопорное; 13 - колесо коронное; 14 - гайка; 15, 16 - манжеты; 17, 18 - кольца

На подшипники опирается ступица 4, к которой болтами крепится обод пневмоколеса 5, и которая одновременно является корпусом планетарного трёхпоточного редуктора, выполненного по схеме 2k-h. В редукторе солнечная шестерня-вал 6 одним концом соединена втулочной муфтой 7 с валом гидродвигателя, а на другом конце шестерня входит зацепление с тремя сателлитами 8, которые опирающиеся через два конических роликоподшипника 9 на пальцы 10, жёстко закреплённые в крышке-водителе 11. На наружной поверхности крышки выполнены шесть выступов (зубьев), они входят в пазы ступицы, относительно которой крышка фиксируется в осевом направлении запорным кольцом 12. Коронное колесо 13, через шлицы жёстко соединено с цапфой и в осевом направлении фиксируется круглой гайкой 14 со стопорной шайбой. Для предотвращения утечки масла установлены две армированные манжеты 15,16 и два круглых уплотнительных кольца 17,18. Пневмоколесо состоит из обода, камеры и покрышки.

Предложенное мотор-колесо получилось компактным, имеет высокую надёжность всех элементов. Конструкция колеса рассмотрена на техническом совете НПП «Старт», одобрена и в настоящее время по нему разрабатывается рабочая документация.

**Шабалин Л.А., Шарков А.С.**  
(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ) [dm@usfeu.ru](mailto:dm@usfeu.ru)

## О НАГРУЖЕННОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ТРАНСМИССИИ МИНИ-ТРАКТОРА

### ABOUT LOADED DRIVE LINE ELEMENTS OF THE MINITRACTOR

*Setting the drive sprocket track in the back of the tractor enhances traction power for 16%.*

На кафедре деталей машин выполнен проект модернизации трансмиссии мини-трактора Гном выпускаемого малыми партиями Екатеринбургским Научно – производственным предприятием (НПП) “Старт” для малых предприятий лесной отрасли.

Трактор имеет гидравлический привод, состоящий из двигателя внутреннего сгорания мощностью 8.10 кВт, гидронасоса, двух низкооборотных гидродвигателей, установленных соосно с приводными звездочками двух гусениц, выполненных из резиновой ленты и оснащённых снаружи и изнутри металлическими зацепами и направляющими элементами.

При проведении модернизации был проведён анализ конструкции привода гусениц, который показал, что размещение приводных звёздочек в передней части трактора повышает нагрузку гусениц и снижает тяговое усилие трактора на крюке.

В таблице и на рисунке приведены соответственно расчётные значения нагрузок в характерных точках тягового контура мини-трактора, а также эпюры растягивающих нагрузок тягового контура для двух вариантов установки приводных звёздочек – в передней и задней части трактора.

Таблица – Параметры нагруженности гусеницы, Н

Расположение приводной звездочки	Расчётные усилия, Н						
	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>	F <sub>пз</sub>	F <sub>нз</sub>	F <sub>т</sub>
В передней части трактора	2253	2253	1997	225	2478	4250	1457
В задней части трактора	225	225	2253	254	2478	479	1684

Анализ представленных данных для двух вариантов показывает:

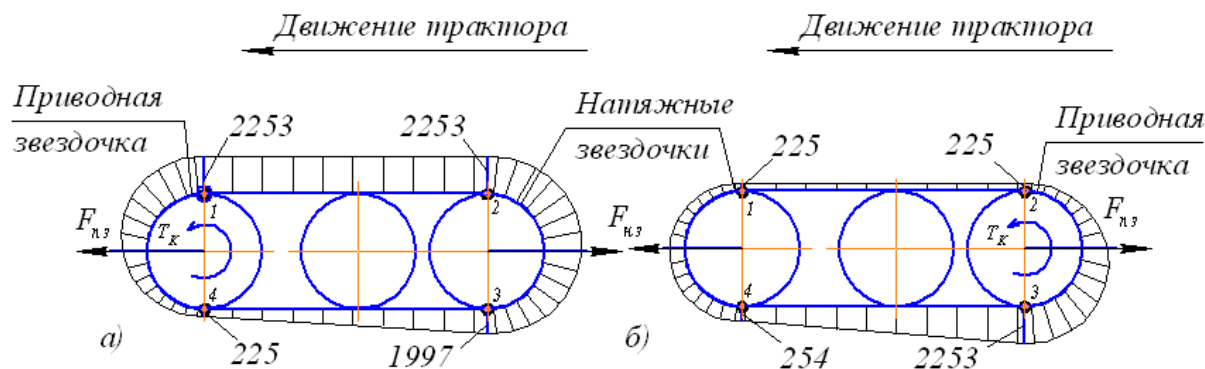
- минимальные и максимальные растягивающие одну гусеницу нагрузки одинаковые и соответственно равны 225 и 2253 Н;
- суммарные усилия от набегающей и сбегающей ветвей гусеницы на приводных звездочках, то есть давление гусеницы на приводную звездочку, так же одинаковы и составляют F<sub>пз</sub>=2478 Н;
- суммарное давление гусеницы на натяжную звёздочку в базовом варианте составляет F<sub>нз</sub>=4250 Н, что примерно в 9 раз превышает это усилие F<sub>нз</sub>=479 Н при установке натяжной звёздочки в передней части трактора;
- тяговое усилие гусеницы

$$F_T = F_3 - (F_4 + F_{ок}),$$



равное разности усилий её натяжений в точке 3 и растягивающего усилия в точке 4 с учётом усилия сопротивления опорного промежуточного колеса  $F_{ок} = 315 \text{ Н}$ , на 16% больше варианта установки приводной звёздочки в задней части трактора.

Последние два вывода относятся к движению трактора “вперёд”. При движении трактора “задний ход” – указанные выводы следует читать наоборот.



а - приводная звёздочка размещена в передней части трактора:

б - тоже, в задней части трактора.

Рисунок – Эпюры растягивающих гусеницу нагрузок

Учитывая, что преимущественное движение трактора в эксплуатации “вперёд”, то следовательно вариант установки приводной звёздочки в задней части трактора более выгодный, как для увеличения нагрузки на крюке на 454 Н, так и для уменьшения нагруженности элементов натяжной звёздочки. Поэтому в модернизируемом приводе приводная звёздочка установлена в задней части трактора.

**Щепочкин С.В., Пашков В.К. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)**

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ ТЕПЛООТДАЧИ РЕЖУЩЕЙ ЧАСТИ КРУГЛЫХ ПИЛ EXPERIMENTAL STUDY OF HEAT-TRANSFER COEFFICIENTS FOR CIRCULAR SAW BLADES

*Heat-transfer coefficients for circular saw blades are defined depending on tooth thickness, air speed, and heat source power are experimentally defined.*

При расчете температурных полей зубьев и дисков круглых пил и назначении оптимальных технологических режимов распиловки по условиям теплостойкости лезвий и динамической устойчивости пилы необходимо знать значение коэффициентов теплоотдачи инструмента. Температура, а, следовательно, и количество теплоты, выделяемое в окружающую среду, изменяются по радиусу диска. И если коэффициенты теплоотдачи для дисков пил известны, для их определения были проведены экспериментальные исследования, результаты которых приведены в [1, 2, 3, 4, 5], то коэффициенты теплоотдачи режущей части на данный момент не определены. По нашим данным,



специальных исследований в отношении интенсивности теплоотдачи зубьев пил, не проводилось.

Для оценки количества теплоты, отводимой зубьями пил на кафедре станков и инструментов УГЛТУ поставлен специальный эксперимент по определению численного значения среднего коэффициента теплоотдачи зубьев пил  $\alpha_{\text{ср}}$  в зависимости от толщины зуба  $b$ , скорости воздушных потоков  $V$ , мощности теплового источника  $Q$ .

Исследования среднего коэффициента теплоотдачи зубьев пил  $\alpha_{\text{ср}}$ , Вт/(°С м<sup>2</sup>) проводились методом полного факторного эксперимента ПФЭ 2<sup>к</sup>. Диапазоны варьирования переменных факторов в эксперименте были приняты: для толщины зуба  $2,2 \leq b \leq 3,6$  мм, для скорости охлаждающего воздуха  $25 \leq V \leq 50$  м/с, для мощности теплового источника  $10 \leq Q \leq 15$  Вт.

Постоянные факторы и их уровни: угол заострения  $\beta = 40^\circ$ , высота зуба  $h = 35$  мм, ширина контактной площадки (рисунок 2)  $l_k = 3,5$  мм, материал зуба – сталь 9ХФ.

Рабочая матрица планирования ПФЭ 2<sup>к</sup> в таблице 1.

Таблица 1 – Рабочая матрица планирования эксперимента

Номер опыта	Натуральные значения факторов			Нормализованные значения факторов			Значение выходной величины
	$b \cong x_1$ , мм	$V \cong x_2$ , м/с	$Q \cong x_3$ , Вт	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$y = \alpha_{\text{ср}}$ , Вт/(°С м <sup>2</sup> )
1	2,2	25	10	–1	–1	–1	$y_1$
2	3,6	25	10	+1	–1	–1	$y_2$
3	2,2	50	10	–1	+1	–1	$y_3$
4	3,6	50	10	+1	+1	–1	$y_4$
5	2,2	25	15	–1	–1	+1	$y_5$
6	3,6	25	15	+1	–1	+1	$y_6$
7	2,2	50	15	–1	+1	+1	$y_7$
8	3,6	50	15	+1	+1	+1	$y_8$

Экспериментальный способ изучения тепловых полей зубьев круглых пил непосредственно в процессе пиления технически очень сложен, так как в значительной степени это связано с трудностью замера температуры на быстровращающихся дисках. Поэтому эксперимент проводился на моделях зубьев пил. В ходе эксперимента зуб пилы неподвижен, нагрев осуществляется электроконтактным способом, скорость воздушных потоков, обтекающих зуб, изменялась с помощью вентиляционной установки.

Исследования среднего коэффициента теплоотдачи зубьев пил  $\alpha_{\text{ср}}$ , Вт/(°С м<sup>2</sup>) проводились на экспериментальной установке, схема которой представлена на рисунке 1. На схеме экспериментальной установки (рисунок 1) обозначено: 1, 3 – соединительный кабель; 2 – шаговый электродвигатель; 4 – жёсткая муфта; 5 – персональный компьютер; 6 – коническая передача; 7 – винтовая передача; 8 – инфракрасный пирометр Mikron M120; 9, 10 – исследуемые зубья пилы (модели), нижний и верхний соответственно; 11 – анемометр; 12 – термопара хромель-алюмелевая; 13 – измеритель температуры CENTER 308; 14 – патрубок от установки охлаждения; 15 – клещи токовые изме-

нительные модели АТА-2502 (датчик Холла); 16 – трансформатор; 17 – лабораторный автотрансформатор (ЛАТР); 18 – вольтметр В7-65/2.

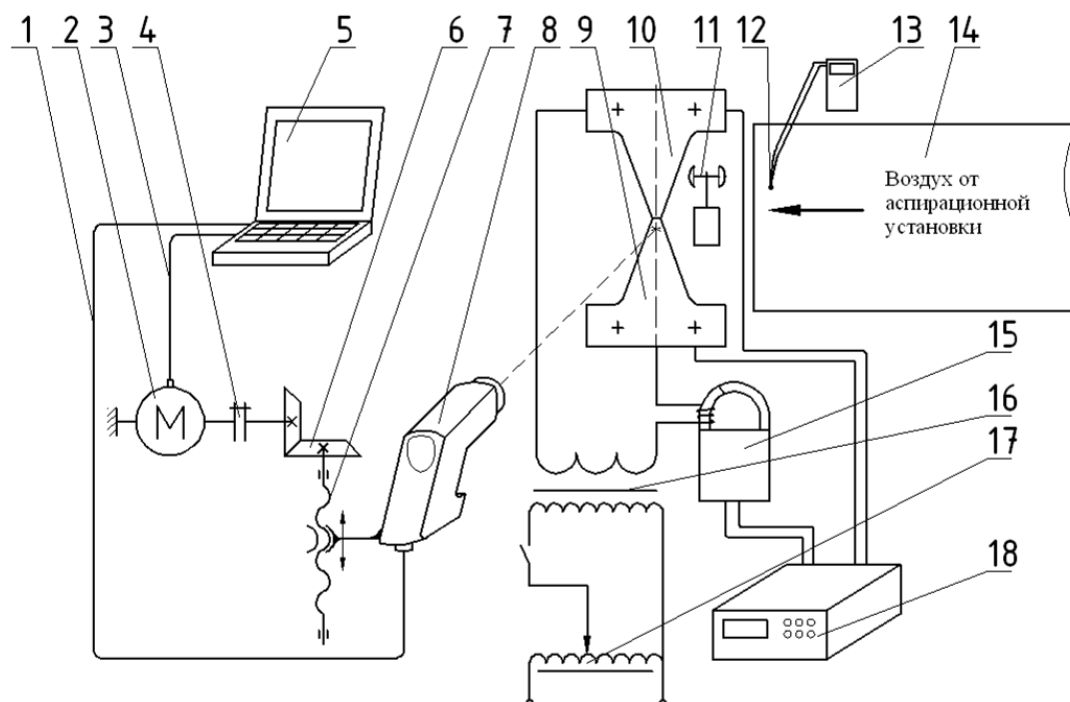


Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки по определению среднего коэффициента теплоотдачи зубьев пил

Установка смонтирована на базе машины АСП-10, предназначенной для электроконтактной сварки стальной проволоки. На корпусе машины устанавливаются модели зубьев пил: нижний 9 и верхний 10. Основным элементом машины является трансформатор 16, концы вторичной обмотки которого присоединены к зубьям 9 и 10. Поскольку зубья соприкасаются в вершинных частях, вторичная цепь трансформатора 16 оказывается замкнутой и по ней потечет ток. В месте соприкосновения зубьев электрическое сопротивление цепи максимально, и именно в этом месте происходит местный нагрев.

Регулирование напряжения трансформатора, и как следствие температуры нагрева, достигается изменением напряжения в его первичной обмотке ЛАТРОм 17.

Для определения мощности теплового источника необходимо иметь сведения о величине напряжения и тока, поступающего на зубья 9 и 10. Измерение величины электрического тока осуществляется токовыми измерительными клещами 15 модели АТА-2502 (датчик Холла), в которых наводится ЭДС, пропорциональная величине электрического тока, поступающего на зубья пилы. Далее с токовых клещей ЭДС фиксируется вольтметром 18. Напряжение определяется также вольтметром 18. Мощность теплового источника определялась как произведение электрического тока и напряжения.

Измерение температуры по высоте зуба в направлении биссектрисы угла заострения осуществлялось инфракрасным пирометром 8, который устанавливался в начальный момент времени у основания верхнего зуба 10. Расстояние от зуба пилы до пирометра составляет 100 мм, на этом расстоянии диаметр исследуемого участка ми-

нимален. Работа измерительной системы регистрации тепловых полей рассмотрена в работе [7].

Работа на установке выполняется в следующей последовательности. При включении пирометра 8, прибор при помощи цифрового соединительного кабеля 1 передаёт данные о температуре выбранного участка исследуемого объекта на персональный компьютер (ПК) 5. При получении данных от пирометра компьютер 5 посылает сигнал на шаговый электродвигатель 2 по кабелю 3. Шаговый двигатель через жёсткую муфту 4, коническую передачу 6 передает движение на винтовую передачу 7. Поскольку пирометр жёстко связан с «гайкой» винтовой передачи 7, то прибор перемещается на 1 шаг, и измерение температуры возобновляется.

Получение данных от пирометра 8, их сохранение в памяти ПК 5 и управление шаговым двигателем 2 осуществляется с помощью программы, составленной в системе программирования Delphi. Измерение температуры по высоте зубьев (температурное поле, рисунок 3) осуществлялось при перемещении пирометра вертикально вниз от основания верхнего зуба 10 до основания нижнего 9.

Температура охлаждающего воздуха регистрировалась при помощи термоэлектрического преобразователя 12 (хромель-алюмелевая термопара), который подключен к измерителю температуры 13 модели Center-308. Скорость воздушного потока контролировалась крыльчатым анемометром 11. Охлаждающий воздух подается на зубья 9 и 10 из патрубка 14 от вентиляционной установки.

Скорость охлаждающего воздуха регулировалась изменением площади сечения входного патрубка дроссельной заслонкой. Все измерения осуществлялись в установившемся тепловом режиме, который определялся окончанием роста температуры в зоне контакта зубьев.

Передача тепла от зубьев осуществляется через 4 грани: переднюю, заднюю и две боковых. Мощность теплового источника выбиралась таким образом, чтобы температурный напор в основании зуба был равен нулю. Только при этом условии можно полагать, что теплообмен осуществляется только через 4 вышеназванные грани зуба, а следовательно в установившемся тепловом режиме количество выделяющейся теплоты  $Q = I \cdot U$ , равно количеству теплоты, передающейся в окружающую среду конвективным теплообменом.

Средний коэффициент теплоотдачи  $\alpha_{\text{ср}}$  рассчитывается следующим образом.

По закону Ньютона–Рихмана [10] количество теплоты, передаваемой конвективным теплообменом определяется из выражения

$$Q = \alpha F(t - t_{\text{окр}}),$$

где  $\alpha$  – коэффициент теплоотдачи, Вт/(°С м<sup>2</sup>);  
 $F$  – площадь поверхности теплообмена, м<sup>2</sup>;  
 $t$  – температура поверхности теплообмена, °С;  
 $t_{\text{окр}}$  – температура окружающей среды, °С.

Поскольку коэффициент теплоотдачи  $\alpha$  зависит от температуры охлаждаемого объекта, скорости подвижной охлаждающей среды, поэтому применительно к зубьям круглых пил коэффициент теплоотдачи  $\alpha$  будет иметь различные численные значения по высоте зуба пилы. По этой причине в данном разделе вводится понятие среднего коэффициента теплоотдачи  $\alpha_{\text{ср}}$ .

В процессе пиления зуб пилы нагревается неравномерно по высоте, а значит количество теплоты, передаваемой в окружающую среду также различно в различных точках зуба. Для определения теплоты, передаваемой зубом в окружающую среду, условно зуб пилы разбиваем на кольцевые участки радиусом  $x_i$  с центром в точке пересечения передней и задней грани, и шириной  $\Delta x$  (рисунок 2).

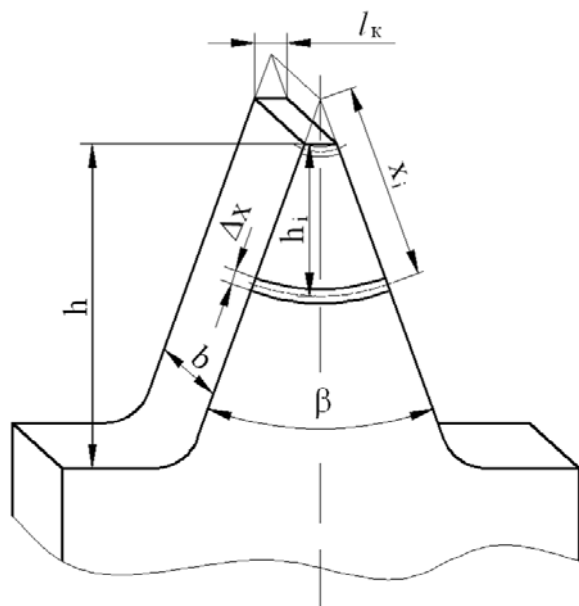


Рисунок 2 – Схема разбивки зуба на кольцевые участки

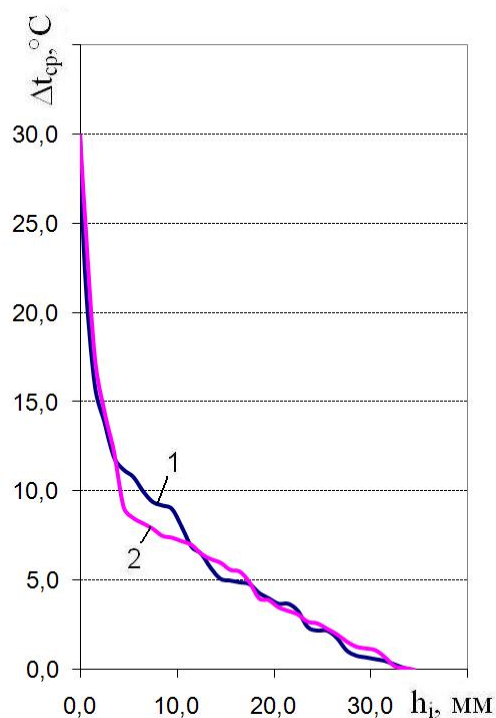


Рисунок 3 – График распределения температуры по высоте зуба:

1 – верхний зуб; 2 – нижний зуб (Опыт №1:  $b = 2,2$  мм,  $V = 25$  м/с,  $Q = 10$  Вт,  $t_{\text{охл}} = 29,5$  °C)

Поскольку количество выделяющейся теплоты  $Q = I \cdot U$  в зоне контакта зубьев распространяется симметрично в оба зуба, то для данного случая, с учетом двух зубьев, выражение будет иметь вид

$$Q = 2\alpha_{cp} \sum_{i=0}^n F_i \Delta t_{cpi},$$

где 2 – количество зубьев;

$\alpha_{cp}$  – средний коэффициент теплоотдачи зуба пилы, Вт/(°C м<sup>2</sup>);

$F_i$  – площадь поверхности теплообмена рассматриваемого участка, м<sup>2</sup>;

$\Delta t_{cpi} = (t_i - t_{\text{окр}})$  – средний температурный напор рассматриваемого  $i$ -ого участка, °C;

$i = 0, 1 \dots n$  – порядковый номер участка;

$n$  – количество участков.

Средний коэффициент теплоотдачи зуба будет определен из формулы

$$\alpha_{cp} = \frac{Q}{2 \sum_{i=0}^n F_i \Delta t_{cpi}}.$$

Результирующие данные опытов и расчетов по определению средних коэффициентов теплоотдачи зубьев пил  $\alpha_{\text{ср}}$ , Вт/(°С м<sup>2</sup>) приведены в таблице 2. Типовой график распределения температуры по высоте зуба приведен на рисунке 3.

Таблица 2 – Результаты эксперимента по определению среднего коэффициента теплоотдачи зубьев пил

Но- мер опы- та	Натуральные значения факторов			Нормализован- ные значения факторов			Сила тока I, А	На- пря- же- ние U, В	Темпера- тура ох- лаж- дающего воздуха $t_{\text{охл}}$ , °С	Значение выходной величины $y =$ $\alpha_{\text{ср}}$ , Вт/(°С м <sup>2</sup> ) в дублирован- ном опыте	
	$b \cong x_1$ , мм	$V \cong x_2$ , м/с	$Q \cong x_3$ , Вт	$x_1$	$x_2$	$x_3$				1	2
1	2,2	25	10	–1	–1	–1	74	0,135	29,5	998	994
2	3,6	25	10	+1	–1	–1	75	0,133	28,8	974	1059
3	2,2	50	10	–1	+1	–1	74	0,135	27,3	1278	1246
4	3,6	50	10	+1	+1	–1	75	0,133	27,5	1315	1384
5	2,2	25	15	–1	–1	+1	91	0,165	29,8	960	914
6	3,6	25	15	+1	–1	+1	92	0,163	28,8	958	976
7	2,2	50	15	–1	+1	+1	91	0,165	27,8	1243	1294
8	3,6	50	15	+1	+1	+1	92	0,163	27,7	1341	1354

Уравнение регрессии для полного факторного эксперимента ПФЭ 2<sup>K</sup> (K=3) имеет вид [8]

$$\hat{y} = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3,$$

где  $b_0, b_1, b_2, b_3, b_{12}, b_{13}, b_{23}$  – коэффициенты регрессии, определяемые по результатам эксперимента. Они равны соответственно:

$$\begin{aligned} b_0 &= 1143; & b_1 &= 27,1; & b_2 &= 164; & b_3 &= -13; \\ b_{12} &= 14,5; & b_{13} &= 0,1; & b_{23} &= 14,1. \end{aligned}$$

Полученная математическая модель в кодированных значениях факторов будет иметь вид

$$\hat{y} = 1143 + 27,1x_1 + 164x_2 - 13x_3 + 14,5x_1x_2 + 0,1x_1x_3 + 14,1x_2x_3.$$

Оценка значимости коэффициентов уравнения регрессии проводится с помощью t-критерия Стьюдента [8]. Для каждого коэффициента регрессии вычисляются расчетные значения  $t_{\text{расч}}$  критерия Стьюдента.

Определяется табличное значение  $t_{\text{табл}}$  критерия Стьюдента для уровня значимости  $q = 0,05$  и числа степеней свободы  $f_y = N(m - 1) = 8(2 - 1) = 8$ . Табличное значение составит  $t_{\text{табл}} = 2,31$ .

Расчетные значения t-критерия превышают табличное значение для коэффициентов регрессии  $b_0, b_1$  и  $b_2$ . Эти коэффициенты являются значимыми. Коэффициенты  $b_3, b_{12}, b_{13}$  и  $b_{23}$ , для которых расчетные значения критерия Стьюдента меньше табличного значения, не являются значимыми. Члены уравнения регрессии с незначимыми коэффициентами должны быть отброшены, и с учетом этого уравнение регрессии будет иметь вид

$$\hat{y} = 1143 + 27,1x_1 + 164x_2.$$

Из уравнения регрессии видно, что с увеличением толщины зуба  $b$  (фактор  $x_1$ ) и скорости воздушных потоков  $V$  (фактор  $x_2$ ), значение выходной величины (коэффициент теплоотдачи  $\alpha_{cp}$ ) увеличивается (коэффициенты при данных факторах положительные). Наибольшее влияние на значение коэффициента теплоотдачи  $\alpha_{cp}$  оказывает скорость охлаждающего воздуха  $V$ , имеющая наибольшее значение коэффициента при данном факторе. Мощность теплового источника  $Q$  (фактор  $x_3$ ) в пределах изменения фактора (от 10 до 15 Вт) существенного влияния на выходную величину (коэффициент теплоотдачи  $\alpha_{cp}$ ) не оказывает. Коэффициент при данном факторе не является значимым.

Проверка адекватности математической модели (уравнения регрессии) осуществляется по методике [11], с помощью F-критерия Фишера при принятом уровне значимости  $q = 0,05$ .

Табличное значение критерия Фишера для  $f_y = 8$  и  $f_{ад} = 5$  составит  $F_{табл} = 3,69$ . Расчетное  $F_{расч} = 1,64$ . Поскольку  $F_{расч} < F_{табл}$ , полученное уравнение регрессии адекватно результатам эксперимента, и может быть использовано.

После перевода регрессионного уравнения из кодированного вида в натуральный получим уравнение

$$\alpha_{cp} = 538,7 + 38,7b + 13,1V.$$

Результаты экспериментальных исследований коэффициентов теплоотдачи режущей части пилы позволяют сделать следующие выводы.

1. Значения коэффициентов теплоотдачи зубьев пил  $\alpha_{cp}$  в пределах исследованных факторов колеблются от 914 до 1384 Вт/(°С м²).
2. Коэффициенты теплоотдачи режущей части пилы на порядок выше, чем коэффициенты теплоотдачи дисков пил на спокойном воздухе (от 80 до 360 Вт/(°С м²)).
3. Наибольшее влияние на величину коэффициентов теплоотдачи зубьев пил оказывает скорость воздушного потока. При увеличении её значения вдвое (от 25 до 50 м/с), значения коэффициентов теплоотдачи при постоянных значениях толщины зуба  $b$  и мощности теплового источника  $Q$  возрастают в 1,25 – 1,4 раза.
4. Увеличение толщины зуба пилы от 2,2 мм до 3,6 мм при постоянных значениях прочих факторов вызывает увеличение коэффициента теплоотдачи зубьев пил  $\alpha_{cp}$  на 2 – 7 %.
5. Мощность теплового источника  $Q$  в пределах изменения фактора (от 10 до 15 Вт) существенного влияния на коэффициент теплоотдачи  $\alpha_{cp}$  не оказывает.
6. Характер распределения температуры по высоте зуба  $\Delta t_{cp} = f(h_i)$  совпадает с характером аналогичных расчетных зависимостей. Это свидетельствует об установлении реального закона распределения температуры по высоте зуба.

#### Библиографический список

1. Пашков В.К. Теплофизика резания древесины круглыми пилами: монография. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2007, 311 с.
2. Пашков, В.К. Тепловое поле вращающегося охлаждаемого диска пилы / В.К. Пашков, А.С. Красиков // Станки и инструменты деревообрабатывающих производств. Л.: ЛТА, 1984. – С. 48 – 51.

3. Пашков, В.К. Номограммы для расчета тепловых полей охлаждаемых дисков пил / В.К. Пашков, А.С. Красиков // Станки и инструменты деревообрабатывающих производств. Л.: ЛТА, 1986. – С. 61 – 65.
4. Разработка номографического метода расчета температурных перепадов в дисках круглых пил : отчёт / УЛТИ, руковод. темы В.К. Пашков. Тема 47/68 ; ГР 68034143. Свердловск, 1968. – 71 с.
5. Исследование нагрева дисков пил при пилении в зависимости от технологических факторов и конструктивных параметров пил : отчёт / УЛТИ, руковод. темы В.К. Пашков. Тема 12/69 ; ГР 69014442. Свердловск, 1969. – 112 с.
6. Методология экспериментальных исследований процессов резания древесины. Руководящие технические материалы / Архангельск: ЦНИИМОД, 1982. – 78 с.
7. Пашков В.К., Щепочкин С.В. Измерительная система для регистрации температурных полей зуба пилы // Сборник научных трудов факультета МТД. Вып. 1 / УГЛТУ – Екатеринбург, 2005. – С. 116 – 119.
8. Пашков В.К. Основы научных исследований, Екатеринбург, УГЛТУ, 2003. – 86 с.
9. Сулинов В.И., Щепочкин С.В., Гороховский А.К. Расчет и проектирование аспирационных установок автономного типа // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века. Труды III международного евразийского симпозиума / Под научной ред. В.Г. Новоселова – Екатеринбург, 2008. – С.215 – 221.
10. Михеев, М.А. Основы теплопередачи [Текст] / М.А. Михеев, И.М. Михеева. М.: Энергия, 1977. – 344 с.
11. Пижурин А.А., Розенблит М.С. Исследования процессов деревообработки. – М.: Лесн. пром-ть, 1984. – 232 с.

## **Проблемы безопасности и экологии в переработке древесины**

Гагарин Д.Р., Старжинский В.Н. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

### **ИССЛЕДОВАНИЯ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВСТРОЕННЫХ ЗВУКОИЗОЛИРУЮЩИХ КОЖУХОВ ПРОДОЛЬНО-ФРЕЗЕРНЫХ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ СТАНКОВ**

### **RESEARCH ACOUSTIC PERFORMANCE OF FITTED SOUND ISOLATION ENCLOSURES OF PLANING MACHINES**

*Spectral composition of noise generating at operator's positions free running and power stroke with an opened or closed enclosure is presented. Enclosure acoustic performance is defined, recommendations for advancing sound isolation properties of structural elements of enclosures are given.*

За последние десятилетия изделия машиностроения с пониженными уровнями шума стали одним из основных рекламных аргументов при их сбыте.

Известно, что деревообрабатывающее оборудование является одним из наиболее шумных изделий машиностроения. Особенно неблагоприятными в акустическом отношении является продольно-фрезерные, круглопильные станки и рубительные машины, уровни шума которых достигают на рабочих местах 100-110 дБА.

Снизить уровни звуковой мощности в источнике до пределов, обеспечивающих допустимые по санитарным нормам уровни звукового давления на рабочих местах станочников, путем изменения режимов резания (как показали многочисленные исследования) не представляются возможным из-за снижения качества выпускаемой продукции, производительности оборудования.

В связи с этим, устройство звукоизолирующих кожухов в конструкции деревообрабатывающих станков является единственным средством защиты от шума.

Однако, такая защита может быть обеспечена только при научно обоснованном выборе звукоизоляции элементов кожухов.

В последние годы многие зарубежные и отечественные фирмы разработали и выпускают деревообрабатывающие продольно-фрезерные станки с встроенными звукоизолирующими кожухами. Они совершенны с эргономической точки зрения, отвечают требованиям техники безопасности.

Однако, с акустических позиций эффективность этих кожухов слишком низка.

К сожалению, ни в одном техническом паспорте, ни в технических характеристиках станков, выпускаемых как отечественными так и зарубежными фирмами, не удается найти каких либо данных по акустической эффективности предлагаемых звукоизолирующих кожухов.



Кожух – сложная звукоизолирующая конструкция, эффективность которой зависит от большого числа факторов, в том числе: от формы и размеров; жесткости элементов конструкции; площади и месторасположения отверстий и смотровых окон; наличия звукопоглощения под кожухом; расположения источников шума под кожухом; звукоизоляции элементов ограждающих конструкций, частоты звука.

Исследования акустической эффективности встроенных звукоизолирующих кожухов проводилась в условиях действующих предприятий: ООО «Егоршинский лес» (г. Артемовск) и ООО «Лесные традиции» (г. Алапаевск).

Исследования проводились на четырехстороннем продольно-фрезерном станке модели HFB516 фирмы HONFAT и отечественном станке модели С25-5А производства Боровичского завода деревообрабатывающих станков. Оба станка оснащены встроенными звукоизолирующими кожухами.

На рис. 1, 2 приведены графики спектров шума станка HFB516, на рис. 3 – спектры шума станка С25-5А.

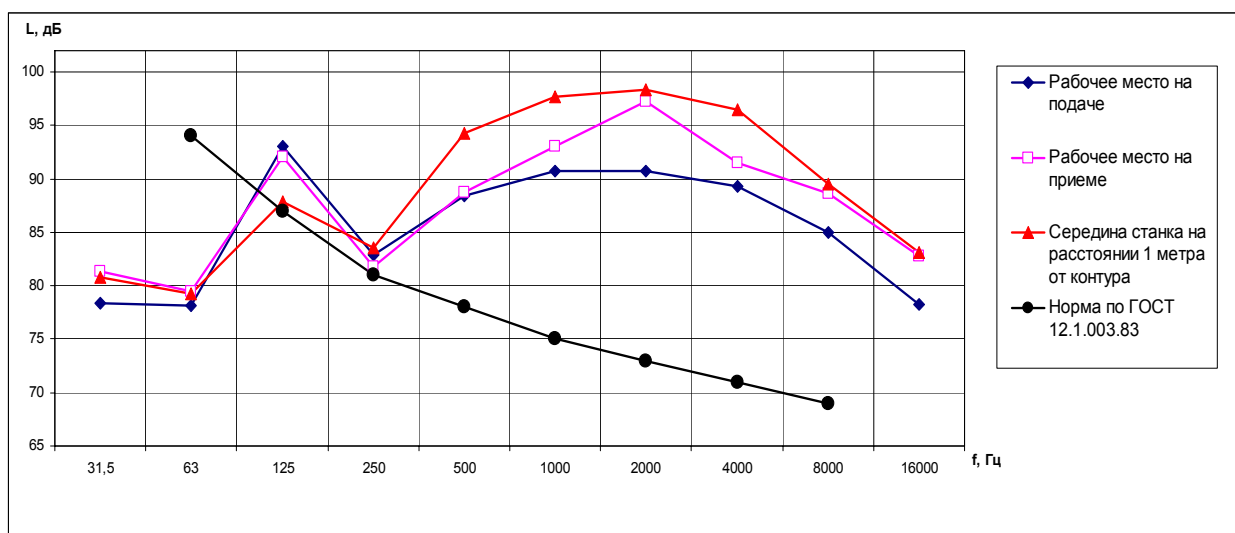


Рисунок 1 – Спектр шума станка HFB 516 на рабочем ходу (кожух открыт)

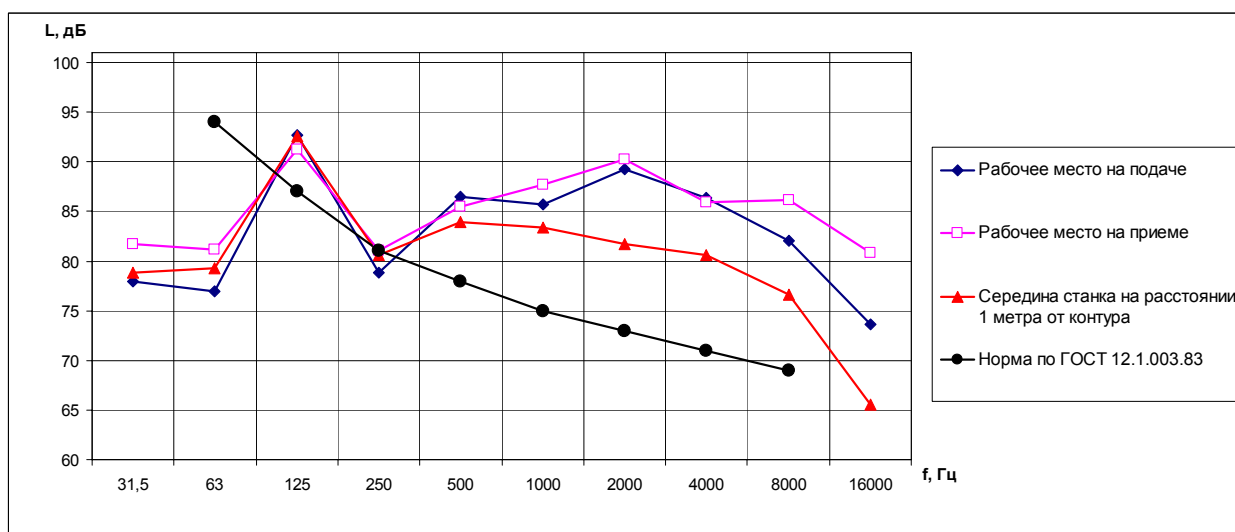


Рисунок 2 – Спектр шума станка HFB 516 на рабочем ходу (кожух закрыт)

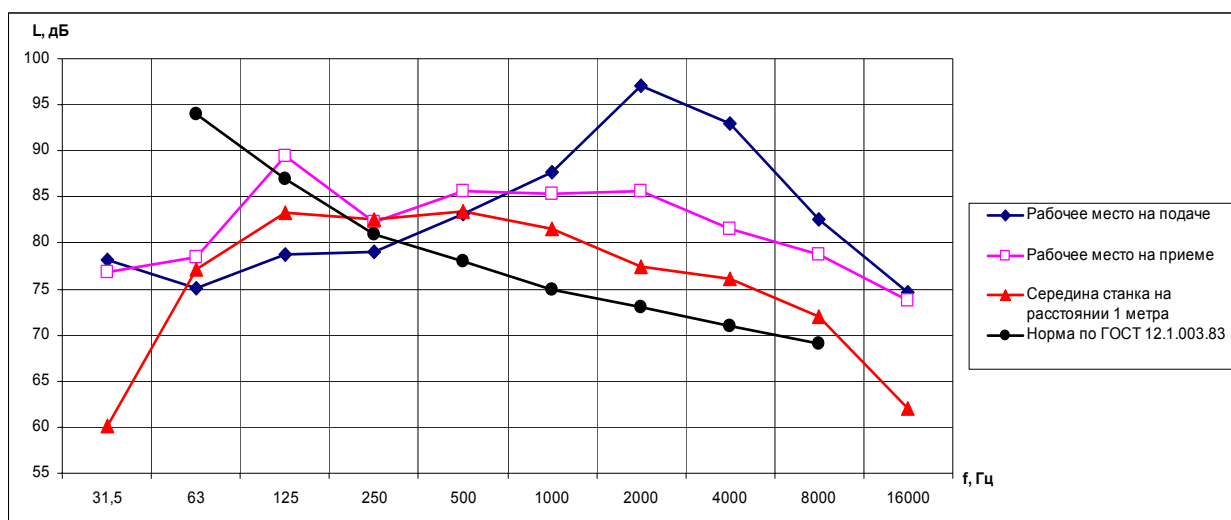


Рисунок 3 – Спектр шума станка С25-5А на рабочем ходу (кожух закрыт)

Как видно из представленных графиков, уровни звукового давления на рабочих местах у обоих станков при наличии звукоизолирующих кожухов значительно превышают нормативные значения.

Особенность кожухов продольно-фрезерных станков заключается в том, что рабочее место расположено вблизи кожуха и приходящая в нее звуковая энергия от различных элементов кожуха неодинакова. Поэтому основные конструктивные параметры звукоизолирующих кожухов, а так же особенности излучения звука элементами ограждения должны быть учтены с эффектом дифракции звука от различных элементов кожуха.

Исследования показали, что звукоизоляция кожухов по уровню звука и по звуковому давлению изменяется в широких пределах в различных контрольных точках станка. За контрольные точки в соответствии с [1] принимались рабочие места и точки на расстоянии 1 м от наружного контура станка.

Эти различия зависят от изменения частотного спектра шума на холостом и рабочем ходу, характера формирования звукового поля под кожухом, фактора направленности излучения источниками шума и элементами кожуха, наличия сквозных проемов конструкции кожуха [2, 3].

Максимальная звукоизоляция по уровню звука кожухов обоих станков зарегистрирована в контрольных точках посередине станков на расстоянии 1 м от станка. Для станка HFB516 она равна 10,4 дБА, для станка С25-5А – 11,4 дБА.

На рабочих местах станочников из-за наличия открытых проемов в торцевых станках кожухов, имеющих коэффициент несплошности  $\sim 0,01$ , звукоизоляция значительно ниже – 6 дБА на подаче древесины – 5 дБА на приеме заготовок.

Анализ спектральных составляющих звукоизоляции кожуха по звуковому давлению показывает, что на низких частотах (до 250 Гц) эффективность звукоизоляции меняется от отрицательных значений до 3-4 дБ. Это связано с тем, что плотность собственных частот воздушного объема кожуха в этом диапазоне частот чрезвычайно мала и в октавных полосах уровни звукового давления определяются собственными колебаниями объема. На этих частотах эффективность звукопоглощающей облицовки стенок кожуха из-за малой величины коэффициента звукопоглощения мала.

С ростом частоты эффективность звукоизоляции возрастает до 8-12 дБ. На резонансных частотах стенок кожуха в области средних частот в экспериментальных кривых эффективности звукоизоляции имеются провалы на 2-4 дБ.

При дальнейшем увеличении частоты звука акустическая эффективность кожухов падает на критических частотах элементов кожухов (около 6 тыс. Гц) из-за явлений волнового совпадения.

В соответствии с [1] различают пять групп кожухов в зависимости от величины звукоизоляции по уровню звука, дБА: а) до 10; в) от 10 до 20; с) от 20 до 30; d) от 30 до 40; е) более 40.

Звукоизолирующие кожухи исследованных станков относятся к группе а), т.е. к кожухам, к которым не предъявлены особые акустические требования.

В результате работы установлены количественные закономерности изменения эффективности кожухов от основных конструктивных параметров, что позволит создавать в будущем встроенные кожухи с повышенными акустическими характеристиками.

## Библиографический список

1. ГОСТ 31326-2006 (ИСО 15667:2010) Шум. Руководство по снижению шума кожухами и кабинами. Введ. 01.04.07. М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 2007. 48с.
2. Иванов Н.И. Борьба с шумом и вибрациями на путевых и строительных машинах / Н.И. Иванов; М.: Транспорт, 1987, 223 с.
3. Боголепов И.И. Промышленная звукоизоляция / И.И. Боголепов; Л.: Судостроение, 1986, 368 с.

**Гагарин Д.Р., Старжинский В.Н. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)**

## **К ВОПРОСУ СНИЖЕНИЯ ШУМА КРУГЛЫХ ПИЛ** **ABOUT REDUCING NOISE FROM CIRCULAR SAWS**

*Reasons for generating sound vibration of circular saws are considered. Reducing transformation vibration energy into acoustic one of environmental oscillators is analysed. It has been proving reducing noise from circular saws by damping their oscillators is wrong solution.*

Важнейшей задачей прикладной акустики является максимально возможное предотвращение возбуждения звуковых вибраций в конструкциях, их ослабления при распространении, а так же снижение звукоизлучения (изыскание путей снижения перехода вибрационной энергии в акустическую энергию колебаний воздушной среды). Для этого существуют следующие возможности.

Виброизоляция, т.е. отражение в определенных местах звуковой вибрации вследствие применения эластичных прослоек (амортизаторов), а так же в результате частичной замены материала конструкции, по которой распространяется звуковая вибрация, ее размеров, установки задерживающих масс и внесении других неоднородностей.

Увеличение расстояния, т.е. использование того факта, что с удалением от источника вибрации энергия колебаний распределяется на все большую площадь, а энергетическая плотность понижается.

Вибропоглощение (вибродемпфирование), т.е. превращение энергии звуковой вибрации в тепло, например, в случае применения вибропоглощающих материалов, вследствие трения контактирующих поверхностей и т.д.

Понижение звукоизлучения, например, в результате сокращения поверхности излучения или уменьшения коэффициента излучения.

Рассмотрим это на примере звукоизлучения круглых пил.

Физический механизм излучения шума пилой можно представить следующим образом. Вынуждающая переменная сила  $F(t)$  вызывает в некоторой точке 1 плоскости пилы колебательную скорость  $v_1(t)$ . Механический импеданс в этой точке  $Z_m = F(t)/v_1(t)$ . От действия силы на поверхности пилы в точке 2 возникают колебания со скоростью  $v_2(t)$ , в результате чего излучается звуковая мощность  $P$ . Колебания в точках 1 и 2 связаны посредством коэффициента передачи  $k$ :  $v_2(t) = k v_1(t)$ .

Тогда звуковая мощность  $P$ , излучаемая поверхностью машины вблизи точки 2, запишется в виде

$$P = \rho c v_2^2(t) S \sigma, \quad (1)$$

где  $\rho c$  – волновое сопротивление среды равное  $420 \text{ Нс/м}^2$ ;  $S$  – площадь равномерного излучения вблизи точки 2;  $\sigma$  – коэффициент излучения, равный отношению интенсивности звука, излучаемого участком площадью  $S$  на поверхности машины, к интенсивности звука, излучаемого колеблющимся поршнем с той же площадью  $S$  и с той же скоростью  $v_2(t)$ .

Принимая во внимание указанные выше соотношения, получаем формулу

$$P = \frac{F^2(t) k^2}{Z_m^2} S \rho c \sigma, \quad (2)$$

Переходя к уровням звуковой мощности, имеем

$$L_p = 20 \lg F(t) + 20 \lg k + 10 \lg S + 10 \lg \sigma + 26 - 20 \lg Z_m \quad (3)$$

Пильный диск представляет собой круглую пластину, излучающую звук за счет изгибных колебаний. Изгибные круговые волны, бегущие из точки возбуждения в зоне резания к зажимным шайбам из-за малых размеров диска и низкого коэффициента потерь практически не затухают.

Таким образом,  $k=1$  и слагаемое  $20 \lg k$  равно 0.

Тогда в формуле (1) можно заменить  $v_2(t) = v_1(t)$  на  $v_{cp}(t)$  – среднюю колебательную скорость по поверхности пильного диска.

Проанализируем возможные пути снижения шума круглых пил:

1. Как видно из формулы (3) наибольшее влияние на звукоизлучение пилы оказывают возмущающие силы. На холостом ходу они представляют собой суперпозицию сил аэродинамического происхождения и динамических сил, передающихся от привода станка. При пилении к перечисленным силам добавляются силы резания, которые и являются основными генераторами звуковых вибраций пильного диска.

Снижение возмущающих сил в 2 раза дает снижение уровня шума на 6 дБ.

Однако, т.к. силы резания при пилении зависят от множества факторов (свойств древесины, геометрии инструмента и др.), реально снизить их из-за технологических требований не представляется возможным.

2. Следующий способ снижения шума, излучаемого пильным диском, состоит в уменьшении площади излучающей поверхности  $S$ :

$$S = \pi(D^2 - d^2)/4, \text{ м}^2 \quad (4)$$

где  $D$  – диаметр пилы, м;

$d$  – диаметр зажимных шайб, м.

Снижение  $S$  в 2 раза дает уменьшение шума на 3 дБ.

3. Переход колебаний диска пилы в акустическую энергию определяется коэффициентом излучения  $\sigma$ .

Для дисковых пил излучение в большой степени определяется отношением  $\lambda_u/\lambda_o$  ( $\lambda_u$  – длина изгибной волны,  $\lambda_o$  – длина волны в окружающей среде), а также характером возбуждения, закреплением по кромкам их неоднородностью.

Поскольку длина изгибной волны и длина звуковой волны по-разному зависят от частоты, на определенной (критической) частоте  $f_{кр}$  выполняется условие  $\lambda_u = \lambda_o$ , из которого вытекает следующая формула для вычисления  $f_{кр}$ , Гц:

$$f_{кр} = \frac{C_o^2}{2\pi} \sqrt{\frac{m''}{B}} = \frac{C_o^2}{1,8C_n d}, \quad (5)$$

где  $C_o$  – скорость звука в окружающей среде;  $m''$  – масса пластины на единицу площади;  $B$  – изгибная жесткость пластины;  $C_n$  – скорость продольной волны в материале пластины;  $d$  – толщина пластины.

Критические частоты дисковых пил лежат в диапазоне от 2500 Гц (для пил толщиной диска 5 мм) до 6500 Гц (для толщины 2 мм) таким образом, для наиболее распространенных толщин дисков пил звукоизлучение происходит на частотах ниже критических.

Излучение звука изгибными колебаниями на частотах ниже критической  $f < f_{кр}$  слабое из-за гидродинамического короткого замыкания. Источниками излучаемой мощности являются зоны по краям диска пилы, в точке возбуждения и на неоднородностях, рядом с которыми нет условий для гидродинамического короткого замыкания.

Предлагаемые для снижения шума пил компенсационные прорези приводят к усилению звукоизлучения ниже критической частоты.

Излучаемая кромками диска звуковая мощность пропорциональна среднеквадратичной скорости, т.е. она уменьшается по мере повышения ее демпфирования. Излучаемая зоной возбуждения звуковая мощность пропорциональна квадрату силы возбуждения и не зависит от демпфирования [1].

Таким образом, даже при большом демпфировании всегда остается излучение зоной возбуждения. Поэтому даже существенное дополнительное демпфирование, обеспечивающее большое снижение уровней звуковой вибрации пильного диска не позволяет уменьшить уровни воздушного шума.

Поэтому нужно критически относиться к опубликованным данным по снижению шума дисковых пил с помощью различных видов демпфирования их колебаний [2,3,4].

Вызывает сомнение достоверность полученных результатов, т.к. они получены с помощью шумометрической аппаратуры с классом точности  $\pm 2$  дБ при нестабильном шуме, каковым является шум резания. Велики, по-видимому и субъективные ошибки в снятии показаний приборов из-за использования в них стрелочных указателей.

Среди множества предложений по снижению шума круглых пил с помощью демпфирования особенно часто выделяются предложения по использованию зажимных шайб увеличенного диаметра. Однако, с точки зрения физики процесса это не является демпфированием. Увеличение диаметра шайб меняет параметры колебательной системы: жесткость диска, площадь излучения и коэффициент излучения. Происходит распределение частот собственных колебаний диска в области низких частот.

Небольшое снижение шума происходит, в основном, за счет уменьшения площади излучения (формула 4)

Упоры – ограничители колебаний пилы так же не дают никакого акустического эффекта.

Пожалуй единственный эффективный способ снижения шума пилы – это аэродинамическое демпфирование путем установки двух неподвижных пластин по обе стороны пильного диска ниже уровня стола (у станков, где это возможно).

На частотах  $f > f_{кр}$  коэффициент излучения постоянен и равен 1. Для тонких пил (2 мм) этот диапазон частот уже выходит за пределы нормируемого.

4. Способ снижения шума пилы состоящий в увеличении внутреннего механического импеданса  $Z_m$ , противоречит технологическим требованиям обеспечения минимальной ширины пропила.

Как видно из вышесказанного, снизить шум, излучаемый пильным диском на значительную величину не представляется возможным. Единственным способом его снижения является звукоизоляция, позволяющая значительно уменьшить коэффициент излучения путем установки на пильный узел звукоизолирующей оболочки, или экранирование шума от рабочего места.

## Библиографический список

1. Справочник по технической акустике / Пер с нем. под. Ред. М. Хекла и Х.А. Мюллера, М.: Судостроение, 1980, 440 с.
2. Месхи Б.Ч. Улучшение условий труда операторов металлорежущих и деревообрабатывающих станков за счет снижения шума в рабочей зоне / Б.Ч. Месхи; Донской государственный технический университет. – Ростов-на-Дону.: ДГТУ, 2003. 131 с.
3. Соколов Г.А. Борьба с шумом в деревообрабатывающей промышленности / Г.А. Соколов; М.: Лесная промышленность, 1974. 144 с.
4. Чижевский М.П. Снижение шума при механической обработке древесины / М. П. Чижевский, Н. Н. Черемных; М.: Лесная промышленность, 1975. 152 с.

**Гагарин Д.Р., Старжинский В.Н.**  
(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ) [demonsaab@mail.ru](mailto:demonsaab@mail.ru)

## **ИНФРАЗВУКОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ ПРИ РАБОТЕ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ INFRASONIC EMISSION WHILE OPERATING WOODWORKING MACHINES**

*Infrasonic vibration impact on the human health while working four-sided molder machine was examined. Assessment techniques are given.*

Под инфразвуком понимаются упругие волны, аналогичные звуковым, но имеющие частоту ниже воспринимаемой человеческим ухом. За верхнюю границу частотного диапазона инфразвука обычно принимают 16-25 Гц. Практический интерес могут представлять колебания от десятых и даже сотых долей герц, то есть с периодами в десяток секунд.

Природа возникновения инфразвуковых колебаний такая же, как и у слышимого звука, поэтому инфразвук подчиняется тем же закономерностям, и для его описания используется такой же математический аппарат, как и для обычного слышимого звука. Из-за очень большой длины волны ярко выражена дифракция.

Инфразвуковые колебания возникают в самых разных условиях: при обдувании ветром зданий, металлических ферм, на промышленных предприятиях, аэродромах и т.д. Человек живет в мире инфразвуков, не подозревая об этом. Зарегистрировать их могут лишь специальные приборы [1], [2].

Для инфразвука характерно малое поглощение в различных средах, вследствие чего инфразвуковые волны в воздухе, воде и в земной коре могут распространяться на очень далекие расстояния.

Инфразвук можно назвать «акустическим нейтрино». Он проходит без значительного ослабления через любые преграды. Длина инфразвуковой волны относительно велика. Например, на частоте 7 Гц она равна 48 м. Как показывает практика, непосредственно у источника инфразвукового излучения инфразвук «маскируется» слышимыми звуками. В результате, чем более шумно вокруг нас, тем меньше «слышен» инфразвук. Инфразвуковое излучение более ощутимо именно в «тихих» помещениях.

Научные исследования показали, что инфразвук «присутствует» практически везде, но в разных дозах. Измерения позволили сделать вывод, что инфразвук усиливается в помещениях небольшого объема.

Органы человека, как и любое физическое тело имеют собственную резонансную частоту. Под воздействием звука с этой частотой они могут испытывать внутреннее изменение структуры, вплоть до потери собственной работоспособности. Также при совпадении воздействующего звука с ритмами мозга, может возникнуть нарушение активности церебральных механизмов мозга.

Все случаи контакта человека и инфразвука можно поделить на две большие группы: контакты в пространстве и контакты в помещениях, т.е. в пространстве ограниченном жесткими стенками. С точки зрения акустики, это контакты с бегущей волной (в первом случае), и контакты в полости резонатора (во втором случае).

В процессе трудовой деятельности большинство контактов человека и инфразвука происходит именно в пространстве, ограниченном жесткими стенками.

С физической точки зрения все многообразие помещений может быть сведено к резонаторам двух типов: - резонатору типа Гельмгольца и резонатору типа - труба. Даже небольшая, по сравнению с длиной инфразвуковой волны, комната, может служить четверть волновым резонатором частотой 5,5 Гц.

Человек, находящийся в той или иной части помещения, будет контактировать с различными физическими компонентами распределенной в пространстве помещения акустической волны. Но, с точки зрения биологии, контакт с разными раздражителями должен вызывать разную ответную реакцию органов и систем.

Экспериментально показано, что нахождение в разных частях даже небольшого помещения способно вызвать разнонаправленную реакцию органов и систем человека. Выделена зона градиента инфразвуковой волны, в которой падает работоспособность, уменьшается частота различения звуковых импульсов и световых мельканий, резко активизируется активность симпатического звена регуляции сосудистой системы и развива-

ется реакция гиперкоагуляции крови. Это связано с прямым действием инфразвука на стенки кровеносных сосудов [3].

В то же самое время у людей, находящихся в противоположном конце помещения умерено, но статистически достоверно, растет работоспособность, уменьшается активность свертывающих систем крови и улучшаются показатели реакции на частоту световых мельканий.

Зависимость ответной реакции организма на нахождение человека в разных частях одного и того же помещения сохранялась в пределах проверенной интенсивности инфразвука от 80 до 120 дБ и частотах 8, 10 и 12 Гц.

Никаких психических реакций на наиболее часто встречающиеся в промышленности уровни инфразвука выявлено не было. Данные опытов указывают, что инфразвук, даже невысокой интенсивности, в зависимости от места нахождения подопытного объекта, может быть небезопасен для здоровья и может, в то же время, обладать положительным стимулирующим эффектом.

Зональная биологическая активность инфразвука может послужить основой сравнительно простых способов защиты от инфразвука, основанных на выведении рабочего места человека-оператора из биологически вредной зоны.

Сравнительно недавно введены в действие санитарные нормы, устанавливающие классификацию, нормируемые параметры и предельно допустимые уровни инфразвука на рабочих местах, а так же допустимые уровни инфразвука в жилых и общественных помещениях и территории жилой застройки [4].

Гигиенические требования распространяются на вновь создаваемые, модернизируемые, закупаемые за рубежом и находящиеся в эксплуатации машины и оборудование, а также процессы, при которых возникает инфразвук, и предназначены для использования специалистами при конструировании, проведении экспертизы нормативно-технической документации (ГОСТов, ТУ, ТО и др.), оценки, сертификации и реализации продукции.

По характеру спектра инфразвук подразделяется на:

- широкополосный инфразвук, с непрерывным спектром шириной более одной октавы;
- тональный инфразвук, в спектре которого имеются слышимые дискретные составляющие. Гармонический характер инфразвука устанавливают в октавных полосах частот по превышению уровня в одной полосе над соседними не менее чем на 10 дБ.

По временным характеристикам инфразвук подразделяется на:

- постоянный инфразвук, уровень звукового давления которого изменяется за время наблюдения не более чем в 2 раза (на 6 дБ) при измерениях по шкале шумомера «линейная» на временной характеристике «медленно»;
- непостоянный инфразвук, уровень звукового давления которого изменяется за время наблюдения не менее чем в 2 раза (на 6 дБ) при измерениях по шкале шумомера «линейная» на временной характеристике «медленно».

Нормируемыми характеристиками постоянного инфразвука являются:

1. Уровни звукового давления ( $L_p$ ) в октавных полосах со средне геометрическими частотами 2, 4, 8 и 16 Гц, в дБ, определяемые по формуле:

$$L_p = 10 \lg \frac{p^2}{p_0^2}, \text{ дБ},$$



где  $p$  – среднеквадратичное значение звукового давления, Па;  
 $p_o$  – исходное значение звукового давления в воздухе, равное  $2 \times 10^{-5}$  Па.

2. Уровень звукового давления (при одночисловой оценке), измеренный по шкале шумомера «линейная», в дБ Лин (при условии, если разность между уровнями, измеренными по шкалам «линейная» и «А» на характеристике шумомера «медленно», составляет не менее 10 дБ).

3. Нормируемыми характеристиками непостоянного инфразвука являются эквивалентные по энергии уровни звукового давления ( $L_{э\kappa\theta}$ ), в дБ, в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами 2, 4, 8 и 16 Гц и эквивалентный общий уровень звукового давления, в дБ Лиин, определяемые по формуле:

$$L_{э\kappa\theta} = 10 \lg \left[ \frac{1}{T} \sum_{i=1}^n (t_i \cdot 10^{0,1L_i}) \right], \text{ дБ},$$

где  $T$  – период наблюдения, ч;  
 $t_i$  – продолжительность действия шума с уровнем  $L_i$ , ч;  
 $n$  – общее число промежутков действия инфразвука;  
 $L_i$  – логарифмический уровень инфразвука в  $i$ -ый промежуток времени, дБ.

4. В качестве дополнительной характеристики для оценки инфразвука (например, в случае тонального инфразвука) могут быть использованы уровни звукового давления в 1/3 октавных полосах со среднегеометрическими частотами 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16 и 20 Гц; их следует пересчитывать как уровни в октавных полосах частот.

Предельно допустимые уровни инфразвука на рабочих местах, дифференцированные для различных видов работ, а также допустимые уровни инфразвука в жилых и общественных помещениях и на территории жилой застройки, приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Предельно допустимые уровни инфразвука на рабочих местах, допустимые уровни инфразвука в жилых и общественных помещениях и на территории жилой застройки

№ п п	Назначение помещений	Уровни звукового давления, дБ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц				Общий уровень звукового давления, дБ Лин
		2	4	8	16	
1	Работы с различной степенью тяжести и напряженности трудового процесса в производственных помещениях и на территории предприятий:					
	- работы различной степени тяжести	100	95	90	85	100
	- работы различной степени интеллектуально-эмоциональной напряженности	95	90	85	80	95
2	Территория жилой застройки	90	85	80	75	90
3	Помещения жилых и общественных зданий	75	70	65	60	75

Эквивалентный уровень звукового давления может быть установлен при непосредственном инструментальном измерении или путем расчета по измеренному уровню и продолжительности воздействия в соответствии с таблицей 2.

Для колеблющегося во времени и прерывистого инфразвука уровни звукового давления, измеренные по шкале шумомера «Лин», не должны превышать 120 дБ.

При воздействии на работающих инфразвука с уровнями, превышающими нормативные, для предупреждения неблагоприятных эффектов должны применяться рациональные режимы труда, отдыха и другие меры защиты.

Таблица 2 – Значение поправок к измененному линейному уровню на время действия фактора для расчета эквивалентного уровня звукового давления

Поправка, дБ	Время воздействия, в часах								
	8	7	6	5	4	3	2	1	0,5
	0	0,6	1,2	2	3	4,2	6	9	12

Деревообрабатывающая промышленность является одной из наиболее шумных отраслей народного хозяйства. Поэтому наряду с излучением звуковых колебаний следует предположить наличие излучения в инфразвуковой области частот.

Экспериментальные исследования проводились на деревообрабатывающих продольно-фрезерных станках, т.к. станки этой группы являются наиболее неблагоприятными в акустическом отношении.

Исследования уровней инфразвука проводились на предприятии ООО «Егоршинский лес» (г. Артемовск) на рабочих местах четырехстороннего продольно-фрезерного станка модели HFB 516 фирмы HONFAT.

Измерения велись шумомером ОКТАВА-110А, обладающим встроенными функциями автоматической записи в память и статистического анализа.

Регистрировались: уровни звукового давления в октавных полосах частот 2-250 Гц на временных характеристиках S, Leq; уровни звукового давления в 1/3 октавных полосах частот 1,6-315 Гц для тех же временных характеристик; уровни звукового давления в полосе FI (2-20 Гц) на характеристиках Exp (8), Leq.

На рис. 1 приведен график спектра инфразвука в 1/3 октавных полосах частот на холостом ходе станка при открытой (1) и закрытой (2) крышке звукоизолирующего кожуха.

На рис. 2 представлен график спектров инфразвука на рабочем ходе станка также при октавной (1) и закрытой (2) крышке кожуха.

С целью выявления источников инфразвука были проведены замеры вибрации элементов станка.

На рис. 3 приведены графики спектров уровней колебательных ускорений в 1/3 октавных полосах частей на станине станка (а) и на стенке звукоизолирующего кожуха (б).

Измерения не выявили превышений уровней звукового давления в инфразвуковой области частот на рабочих местах у станка. Эквивалентные уровни инфразвука на характеристике FI (линейный) составили 80-83 дБ (при норме 100 дБ – для работ с раз-

личной степенью тяжести и 95 дБ – для работ различной степени интеллектуально-эмоциональной напряженности).

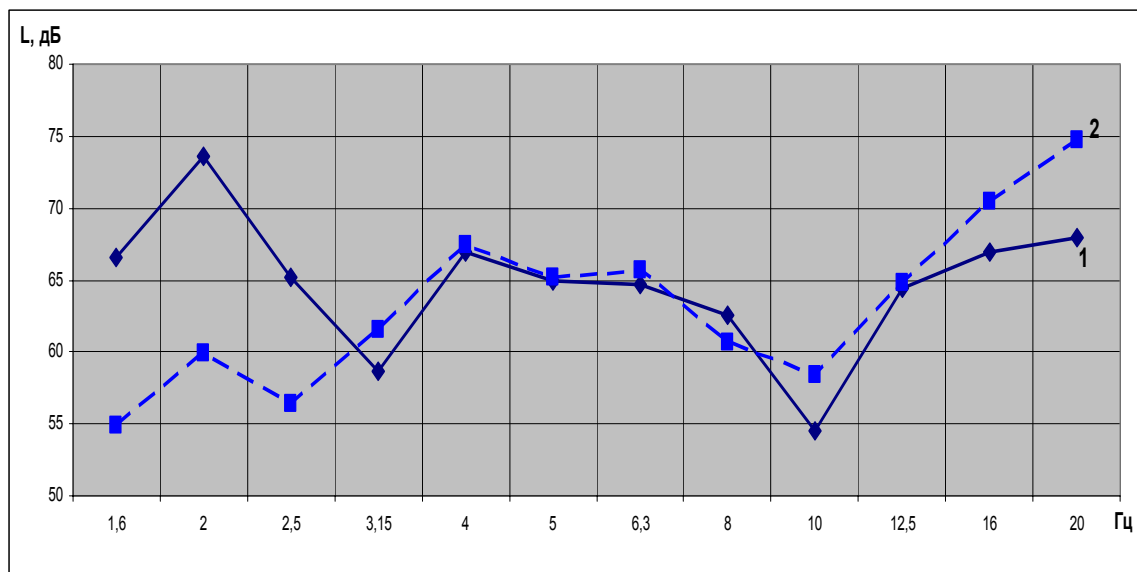


Рисунок 1 – График спектра инфразвука на холостом ходе станка при открытой (1) и закрытой (2) крышке звукоизолирующего кожуха

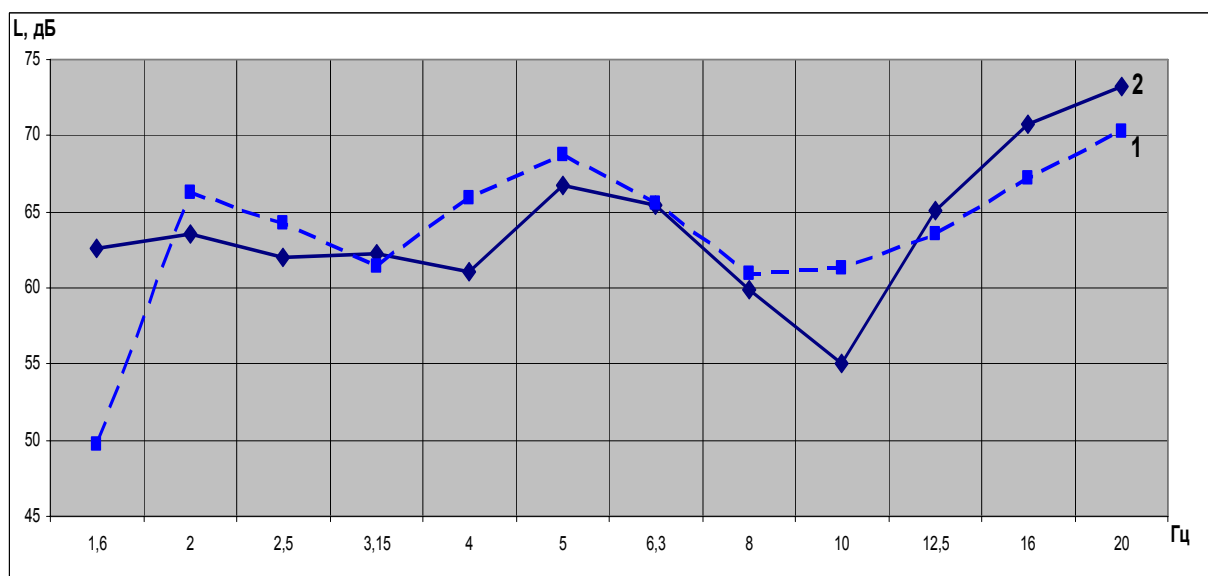
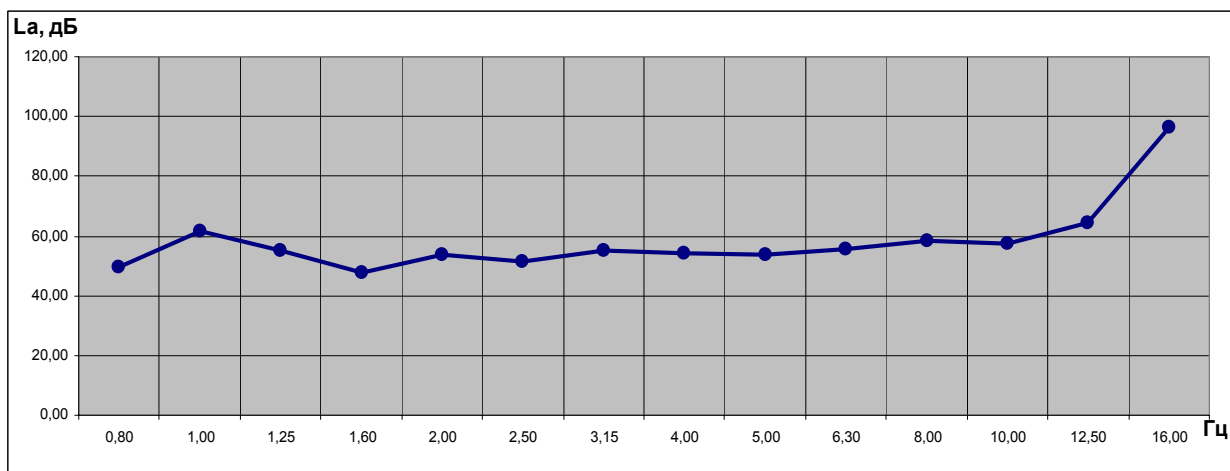


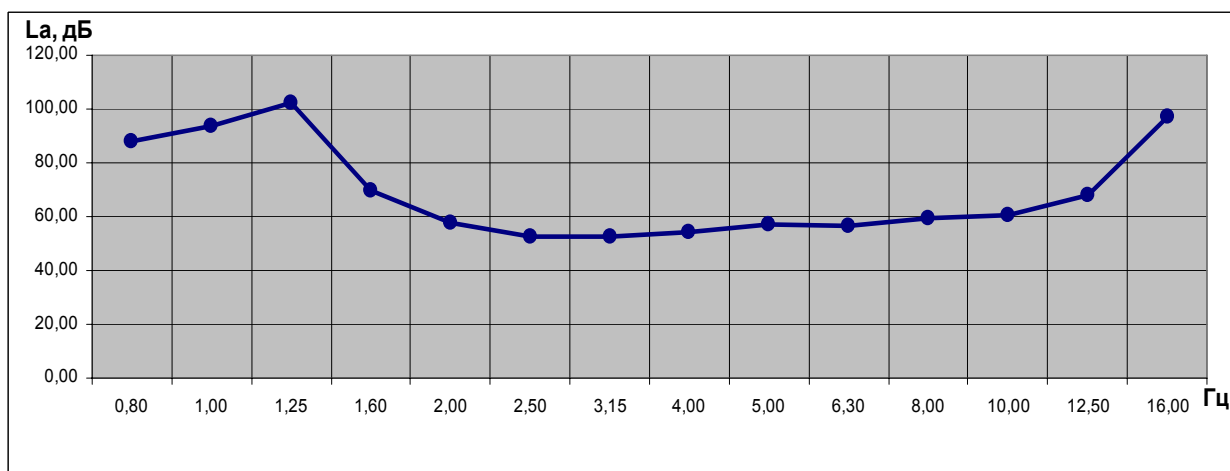
Рисунок 2 – Спектр инфразвука на рабочем ходе станка при открытой (1) и закрытой (2) крышке звукоизолирующего кожуха

Результаты анализа спектральных составляющих вибрации на стенках ограждающего кожуха и рабочем столе станка не выявили корреляционной зависимости между уровнем инфразвука и вибрацией деталей и узлов станка.

Режим работы станка не оказывает существенного влияния на уровень излучаемого инфразвука (разница в уровнях на холостом и рабочем ходе на характеристике F1 шумомера менее 1 дБ).



(a)



(b)

Рисунок 3 – График спектров уровней колебательных ускорений на станине станка (a) и на стенке звукоизолирующего кожуха (b)

Встроенный звукоизолирующий кожух практически не влияет на величину излучаемого станком инфразвука на рабочих местах.

Следует предположить, что источником инфразвука могут являться собственные колебания строительных конструкций помещения под действием динамических нагрузок от работы станка, а так же аэродинамические процессы в аспирационной системе.

Хотя превышения нормативных уровней инфразвука в производственном помещении нет, учитывая его высокую проникающую способность, при расположении предприятия вблизи территории жилой застройки (где допустимые эквивалентные уровни на характеристике F1 составляют 75 дБ) необходимо осуществлять постоянный мониторинг уровня инфразвука.

#### Библиографический список

1. Хорбенко И.Г. За пределами слышимого. М.: Машиностроение, 1984. – 169 с.
2. Сокол Г.И. «Особенности акустических процессов в инфразвуковом диапазоне частот». – Днепропетровск: Проминь, 2000. – 143 с.

3. Жуков А.И., Иванников А.Н., Фрайман Б.Я. О необходимости изучения пространственной структуры звукового поля при оценке действия низкочастотного шума. «Борьба с шумом и звуковой вибрацией», Москва, 1989 г., С. 53-59.

4. Физические факторы производственной среды. Физические факторы окружающей природной среды инфразвук на рабочих местах, в жилых и общественных помещениях и на территории жилой застройки. СН 2.2.4/2.1.8.583-96

**Завьялов А.Ю., Старжинский В.Н. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)**

[z.artem96@gmail.com](mailto:z.artem96@gmail.com)

## **ВАКУУМНЫЕ ВЕНТИЛЯТОРЫ ДЛЯ АСПИРАЦИОННЫХ УСТАНОВОК НА ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ** *VACUUM ASPIRATORS FOR ASPIRATION SYSTEMS IN WOODWORKING ENTERPRISES*

*This article is devoted to noise reducing in woodworking enterprises. Using vacuum aspirators is considered as this problem solving.*

Как известно, основным источником шума в системах вентиляции, кондиционирования и аспирации является вентилятор.

Осведомленность о шуме, создаваемом вентилятором во время его работы, становится важным вопросом во всех областях его применения. Уровень шума вентилятора зависит от двух основных факторов:

а) вращение крыльчатки (частотный диапазон шума зависит от количества лопастей и числа оборотов крыльчатки);

б) завихренность, образуемая в текучей среде в связи с неровностями и трением.

Тип лопасти и методы точного производства (предотвращающие наличие острых углов, пространства и т.д.) существенно влияют на уровень этого шума.

По конструкции и принципу действия вентиляторы делятся на осевые (аксиальные), радиальные (центробежные) и канальные (тангенциальные).

В аспирационных и пневмотранспортных системах применяют вентиляторы радиальные (центробежные) [1, 2].

Данный вид вентилятора имеет вращающийся ротор, состоящий из лопаток спиральной формы. Воздух через входное отверстие засасывается вовнутрь ротора, где он приобретает вращательное движение и, за счет центробежной силы и специальной формы лопаток, направляется в выходное отверстие специального спирального кожуха. Таким образом, выходной поток воздуха находится под прямым углом к входному.

Сегодня практически на всех промышленных объектах, нуждающихся в большом объеме воздухообмена, применяются пылевые радиальные вентиляторы. Они называются так, потому что их можно ставить на пылевой поток, например в пневмотранспорт.

Однако у пылевых вентиляторов существует ряд недостатков: из-за постоянного контакта летящих частиц крыльчатки вентилятора с пролетающими опилками возника-

ет повышенный шум, увеличивается энергопотребление вентилятора, что ведет к опасности искрообразования.

В конструкции фильтров немецкой компании NESTRO Lufttechnik используются вакуумные вентиляторы (рис.), которые обладают неоспоримым преимуществом перед традиционными системами с пылевыми вентиляторами, создающими избыточное давление внутри фильтра.

Вакуумный вентилятор имеет больший КПД, чем обычный, работающий с грязным воздухом, благодаря особой конструкции рабочего колеса-турбины. Его применение стало возможно в сочетании с современным герметичным фильтром NESTRO, который поменял свое обычное местоположение и теперь подключен перед вентилятором. Через вентилятор больше не пролетают опилки, стружка и пыль, отбирая энергию двигателя. Нет ударных нагрузок, что снижает уровень шума. Использование шумопоглощающих элементов в камере вентиляторов позволяет снизить уровень звукового давления до 64-68 Дб.,[3].



Рисунок – Вакуумный вентилятор Nestro

Конструктивно фильтр состоит из следующих элементов: вакуумных вентиляторов, которые работают на стороне чистого воздуха, большой расширительной камеры для снижения скорости частиц древесных отходов и осаждения их в промежуточный бункер фильтра. Преимущества такой компоновки в том, что исчезает риск повреждения фильтровальных рукавов крупными частицами дерева, летящего из-под станков. После промежуточного бункера воздух от станков проходит через специальные рукава из фильтровальной ткани, которые очищают воздух до  $0,1 \text{ мг/м}^3$  (то есть на 99,9%, что соответствует самым строгим санитарным нормам) от остаточной пыли. Затем этот воздух может быть возвращен обратно в цех.

Вакуумный фильтр NESTRO с регулируемым разрежением воздуха позволяет создать эффективную систему аспирации со значительно меньшей энергоемкостью за счет повышенного КПД вакуумной турбины. К вакуумному фильтру NESTRO может быть подключено любое количество трубопроводов самого различного диаметра. Для вакуумной системы нет необходимости жестко привязываться к типоразмерам вентиляторов. Вакуумные вентиляторы для каждой системы подбираются точно под заданный расход воздуха и необходимое станкам разрежение. Вакуумный вентилятор располагается за фильтровальной поверхностью, через него проходит только чистый воздух

без примеси древесных частиц, поэтому нет шума от ударов рабочего колеса по летящим частицам.

Также необходимо отметить, что по сравнению с обычной схемой организации удаления опилок от станков с использованием напорных вентиляторов, когда группу станков обеспыливает один напорный вентилятор, централизованная система аспирации более предпочтительна, и вот почему. При выходе из строя одного напорного вентилятора останавливается линия обработки, нарушая тем самым технологический цикл предприятия. Если то же самое произойдет в вакуумном фильтре NESTRO (выйдет из строя один из вентиляторов), то это практически никак не отразится на работе предприятия в целом, а лишь незначительно снизится разрежение на аспирационных патрубках станков. Предприятие сможет продолжить обычную работу.

Таким образом, выделим основные достоинства вакуумных систем аспирации компании NESTRO:

- вакуумные пылеулавливающие агрегаты работают на очищенном воздухе и имеют особую конструкцию турбины с повышенным КПД;
- вакуумные вентиляторы устанавливаются внутри фильтра, в его верхней части, в специальном шумоизолированном корпусе, и могут устанавливаться на улице независимо от погодных условий;
- возгорание пыли в вентиляторах полностью исключено;
- согласно проведенным измерениям количество пыли в воздухе, прошедшем через систему аспирации составляет  $< 0,1 \text{ мг/м}^3$ , что позволяет полностью возвращать воздух в цех и значительно экономит расходы на отопление;
- производительность систем аспирации регулируется в зависимости от количества включенных станков, таким образом, оптимально расходуется электроэнергия;
- система управления вентиляторами «NESTROMAT» интегрирована в шкаф управления фильтром;
- повышенная износостойкость вакуумных пылевых вентиляторов, по сравнению с обычными вентиляторами в них нет соприкосновения с турбулирующими частицами, что также снижает уровень шума;
- к вакуумному фильтру непосредственно может быть подключено любое количество трубопроводов от станков;
- вакуумная система пылеудаления имеет легко расширяемую архитектуру;
- вакуумный фильтр очистки воздуха не пылит при работе, даже при нарушенной герметизации трубопроводов или корпуса;
- все вакуумные вентиляторы работают совместно, а не по отдельности, увеличивая общую надежность системы.

Благодаря использованию специальной системы управления «NESTRO» даже выход из строя одного из вентиляторов будет практически неощутим при работе всей системы аспирации и не потребует остановки производства.

### Библиографический список

1. В.Е. Воскресенский. Системы пневмотранспорта, пылеулавливания и вентиляции на деревообрабатывающих предприятиях. Теория и практика. В 2 томах, т.1 [Текст] : научн. учеб. пособие - С-П. : Политехника, 2008. - 434 с.

2. Глебов И.Т., Рысев В.Е. Аспирационные и транспортные пневмосистемы деревообрабатывающих предприятий [Текст] : учеб. пособие – Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2004. - 180с.

3. Nestro Lufttechnik GmbH [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.nestro.net> (дата обращения: 09.04.2011).

**Рыжков А.Ф.** (УрФУ, г. Екатеринбург, РФ)

**Силин В.Е.** (УрФУ, г. Екатеринбург, РФ)

**Мехренцев А.В.** (Министерство промышленности и науки

Свердловской обл., г. Екатеринбург, РФ) [mehrentsev@gov66.ru](mailto:mehrentsev@gov66.ru)

**Мехренцева А.А.** (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ) [mekhrentseva@yandex.ru](mailto:mekhrentseva@yandex.ru)

## **ЛЕСНОЙ КОМПЛЕКС НА ПУТИ К «ЗЕЛЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ»** **THE ROLE OF FOREST-BASED INDUSTRIES IN GREEN ENERGY**

*The article has deal with different types of fuel wood. European experience is given as an example of realization green energy conception.*

Древесина как топливо разделяется на несколько групп в соответствии с ее происхождением: специально заготавливаемая в лесу топливная древесина, отходы лесозаготовок, отходы деревообработки, отходы целлюлозно-бумажной промышленности, городская древесина, специально выращиваемые быстрорастущие плантации. Древесное топливо может быть получено из деревьев, срубленных при прореживании молодых насаждений и рубках ухода в старых насаждениях, из отходов лесозаготовки (вершинки, сучья, ветви).

Для получения древесного топлива в последнее время за рубежом используются специально выращиваемые быстрорастущие плантации (ива, тополь, эвкалипт). Срезание ивовых деревьев производится через каждые 3 – 4 года. Через год после срезания наблюдается максимальный прирост растений – 10 – 11 т/га. Деревья измельчаются в щепу размером от 40 до 200 мм. Древесина ивы как сырье для прямого сжигания отличается от лесной древесной щепы чуть меньшей теплотой сгорания ( $Q_n^c - 18,3$  МДж/кг) и чуть большей зольностью  $A^c - 1,4$  %. Основная часть городской древесины (из парков и т.п.) в европейских странах используется для обогрева индивидуальных жилых домов [1].

Отходы – это та часть сырья, которая отделяется в процессе обработки как не соответствующая техническим условиям на изготавливаемую заготовку, деталь или изделие. В группу отходов деревообработки входят древесные отходы, образующиеся при промышленной обработке древесины (обрезки, кора, опилки, стружки и т.п.). В некоторых случаях отходы могут быть использованы в качестве основного сырья при изготовлении продукции другого вида или размера. Таким образом, используемые отходы представляют собой вторичное сырье или материал.

Количество отходов деревообрабатывающих производств зависит от качества поставляемого сырья, типа и размера изготавливаемой продукции, технической оснащен-



ности предприятия и его мощности. Количество отходов в деревообработке составляет 45 – 63 % исходного сырья (пиломатериалов, фанеры).

На деревоперерабатывающих предприятиях широко распространён следующий состав древесных отходов: опилки – 20 %; щепа – 60 %; кора – 20 %. Влажность колеблется и может превышать 60 % [7, 2].

На деревообрабатывающих и мебельных предприятиях существуют участки шлифования, где основным отходом является древесная пыль. Она представляет собой совокупность частиц размером 15 – 20 мкм. Количество этой пыли, образующейся в столярно-мебельном производстве, недостаточно для того, чтобы использовать ее в промышленном масштабе. С другой стороны, древесная пыль образуется большей частью совместно с более крупными сыпучими отходами (опилками и др.) и специально выделить ее из массы сыпучих отходов трудно. Вместе с тем древесная пыль вследствие своей летучести (при наличии щелей в кожухах станков и транспортеров) легко проникает в помещение, угрожает здоровью людей и представляет собой подходящую среду для возникновения пожара и взрыва. Более правильно ставить вопрос не об использовании древесной пыли, а о борьбе с ней.

### ***Опыт Европейского союза по использованию древесины в энергетике***

Чтобы оценить возможности и масштабы использования древесины в энергетических целях и определить реальное место «зеленой энергетики», которое она занимает при существующем уровне развития энергетических технологий, стоит обратиться к опыту зарубежных стран, главным образом – Европейского союза (ЕС).

Широкому использованию биомассы как источника энергии уделяется самое серьезное внимание в большинстве стран Европы, в США, Канаде, а также в ряде развивающихся стран: Китае, Индии, Бразилии и др. В 1996 г. по оценкам МИРЭС, в мире в энергетических целях было использовано примерно 1,9 млрд. м<sup>3</sup> дров (1,4 млрд. т), а также около 300 млн. т отходов древесины. Таким образом, в общей сложности в энергетических целях использовано 1,7 млрд т древесного топлива, что эквивалентно примерно 800 млн. т у.т.

Древесина является наиболее широко используемым видом биомассы для выработки тепловой и электрической энергии. В странах ЕС количество энергии, полученной из твердой биомассы (в основном древесной), составляет в настоящее время около 3,0 % в структуре топливного баланса. Целью энергетической политики стран ЕС является увеличение этого показателя в ближайшие годы до 5,5 %.

В Скандинавских странах (Финляндия, Швеция, Дания), как и в Австрии, Германии (Бавария) и северной Италии (р-н Южной Тироли) в последние годы количество древесины, используемой в энергетических целях, значительно возросло.

Стратегия сжигания древесной биомассы в странах Европы существенно различается. Австрия и Южная Тироль создают котельные мощностью 0,5 – 10 МВт<sub>т</sub>, использующие в качестве топлива кору, стружки, опилки и древесную щепу. В Дании, Швеции и Финляндии около 70 % полученной из биомассы тепловой энергии вырабатывается на ТЭЦ, остальная – на небольших котельных. В большинстве случаев ТЭЦ используют совместное сжигание биомассы с углем, номинальная мощность котла – 10 – 80 МВт<sub>т</sub>.

Однако есть некоторые общие моменты. Так, основная используемая технология на европейских ТЭЦ на биотопливе – цикл Ренкина (паро-силовой цикл – ПСЦ) в различных модификациях: на колосниковой решетке – 30 %, в кипящем слое (КС) – 40 %, в циркулирующем кипящем слое (ЦКС) – 30 %. У заказчиков по экономическим причинам имеется стремление к упрощению оборудования (отказ от подогрева питательной воды), широко практикуется модульный принцип [3].

**Финляндия.** Мини-ТЭЦ в Финляндии начали развиваться на биомассе, угле и торфе с 60-х годов XX в. В настоящее время они обеспечивают 76 % теплоснабжения страны. В стране действует более 200 станций, работающих на древесном топливе (муниципальные и промышленные ТЭЦ, котельные). В Финляндии наряду с древесным топливом в энергетических целях широко используется торф. Дальнейшее развитие использования биомассы в Финляндии позволило увеличить ее энергетическое использование от 300 ПДж/год в 2000 г. до 360 ПДж/год в 2010 г. В период с 90-го года было построено 10 ТЭЦ на биотопливе (биомасса и торф) мощностью 0,5 – 20 МВт<sub>эл</sub>. В зависимости от используемой технологии сжигания (решетки, КС / ЦКС) удельные затраты составляют 990 – 5000 евро/кВт<sub>эл</sub>, а электрический КПД – от 11 до 25 % [6].

**Швеция.** Сжигание биомассы покрывает в стране около 40 ПДж/год для индивидуального отопления, 25 ПДж/год для централизованного отопления и 8 ПДж/год для выработки электроэнергии. В основном используется древесная биомасса в форме щепы. Швеция имеет хорошо развитую сеть центрального теплоснабжения, причем 80% систем центрального теплоснабжения используют биомассу. На начало XXI в. число котельных и ТЭЦ, оборудованных котлами на древесине мощностью более 5 МВт<sub>т</sub>, превышало 400 шт., а их суммарная установленная мощность – 5000 МВт<sub>т</sub>. Получение тепловой энергии из биомассы возросло в 5 раз с 1990 г. Планируется увеличение использования биомассы в 2,5 раза (до 150 ПДж/год) к 2015 году. Развитие мини-ТЭЦ на биомассе поддерживается правительством (выделено 50 млн. EUR на 5 лет). Основная область использования древесных мини-ТЭЦ на биомассе: аварийные источники энергоснабжения, источники собственных нужд на предприятиях. Показатели мини-ТЭЦ на биомассе (ЦКС/КС, газификация): удельные затраты ~ 1300 – 5000 евро/кВт<sub>эл</sub>, электрический КПД – 14 – 32 %.

**Австрия.** Доля биомассы в топливном балансе Австрии составляет ~ 10% (~ 100 ПДж/год). Средняя скорость прироста установленной мощности котельных составляет 19 %/год. Действует около 300 котельных на биомассе, общей мощностью 430 МВт<sub>т</sub>. Ожидается, что к 2020 г. из древесины будет вырабатываться почти 250 ПДж/год.

**Бавария (Германия)** за счет сжигания древесины покрывает около 5% топливного баланса. На начало XXI века выработка составляла ~ 95 ПДж. Сейчас действует около 250 древесных котельных (мощностью 0,5 – 20 МВт<sub>т</sub>) и ТЭЦ. Несколько станций строятся или находятся в стадии планирования. Электрический КПД ТЭЦ в зависимости от технологии ~ 16 – 35 %.

**Чешская республика.** В Чешской республике на долю биомассы приходится 1 % топливного баланса. В настоящее время древесная биомасса используется только для получения тепловой энергии (около 4 ПДж/год). В основном эксплуатируются котлы небольшой мощности, предназначенные для бытового использования. В стране действует более 20 000 древесных котлов, мощностью до 50 кВт, около 100 котлов мощно-

стью 300 кВт и более. В 2010 г. потенциал лесной биомассы, который используется в энергетических целях, составил около 1260 тыс. т/год, что эквивалентно 14,3 ПДж/год.

**Страны Прибалтики.** В странах Прибалтики доля лесных земель достаточно высокая в Латвии – 42 %, в Эстонии – 44 %. В Латвии доля древесины в топливном балансе составляет 15,7 %. Производство лесной топливной древесины составляет до 10,5 млн м<sup>3</sup>/год. Эксплуатируется около 300 древесных котлов общей установленной мощностью более 250 МВт<sub>т</sub>. Часть из них – котлы, переведенные со сжигания традиционных топлив. На древесной щепе работает ряд котлов общей мощностью 45 МВт<sub>т</sub>.

В Эстонии за счет торфа и древесной биомассы различного типа покрывается 8 % топливного баланса. Насчитывается более 1000 котлов, работающих на древесине, общей мощностью примерно 900 МВт<sub>т</sub>.

Приведенный обзор показывает, что в Европе древесное топливо выступает равноправной составляющей энергетического баланса. Основная сфера его использования – ЖКХ (отопление) и, в меньшей степени – выработка электроэнергии. ТЭЦ характеризуются повышенными капитальными затратами и низким электрическим КПД [5].

### **Аспекты «зеленой энергетики»**

**Экономический аспект.** Экономическая практика Евросоюза показывает привлекательность технологий получения энергии из биомассы в случае субсидирования производителей «зеленой энергии» со стороны государства. Впрочем, это касается главным образом выработки электрической энергии, что связано со спецификой применяемых энергетических технологий.

Стоимость древесных отходов колеблется от 40 (отходы лесопилок) до 100 долл. США/т н.т. (щепа, пеллеты). Можно отметить, что цена отходов в странах ЕС относительно стабильна. Так в Дании она практически не изменялась на протяжении последних 15 лет. Любопытно, что цена древесной щепы, установленная на ЗАО «Фанком» в Свердловской области, практически соответствует европейской.

Себестоимость электрической энергии, например, для источника 25 МВт<sub>эл</sub> изменяется от 8 до 12 цент/кВт·ч. Для малых мощностей стоимость (расчетная) может достигать до 25 цент/кВт·ч (при стоимости сырья 50 долл. США/т н.т. и удельных капитальных затратах ~ 8 – 10 тыс. долл. США/кВт<sub>эл</sub>).

Себестоимость тепловой энергии из древесного топлива лежит на уровне 4 – 7 цент/кВт·ч<sub>т</sub> (стоимость сырья 50 долл. США /т н.т.) при удельных капитальных затратах 400 – 900 долл. США / кВт<sub>т</sub>, учтена прокладка сетей и коммуникаций (мощность станции до 60 Вт<sub>т</sub>).

Капитальные затраты для котлов мощностью 20 – 50 кВт<sub>т</sub>, работающих на древесной щепе, составляют 320 – 740 долл. США /кВт<sub>т</sub>, а для котлов такой же мощности, оснащенных баком для хранения горячей воды и работающих на дровах – 210 – 420 долл. США /кВт<sub>т</sub>. Капитальные затраты для котлов, работающих на древесной щепе, мощностью 100 кВт<sub>т</sub> с предтопком мощностью 40 кВт<sub>т</sub> – 185 – 370 долл. США /кВт<sub>т</sub>. Наименьшие капитальные затраты имеют печки для дров – 100 – 290 долл. США /кВт<sub>т</sub>.

**Экологический аспект.** Необходимо отметить, что будучи не утилизированной полезно, а оставленной в природных условиях или на свалках, древесная биомасса так

или иначе окисляется со временем до  $\text{CO}_2$  в ходе природных механизмов, то есть – в любом случае «сгорает», правда, совершенно бесполезно для Человечества. При этом валовой выброс  $\text{CO}_2$  не изменяется. Кроме этого, древесина обладает и другими экологически благоприятными качествами. Экология сжигания древесины и торфа существенно отличается, например, от угля и мазута в положительную сторону (табл. 1).

Таблица 1 – Выбросы загрязняющих веществ на одну выработанную Гкал при сжигании топлив в водогрейной котельной мощностью до 30 Гкал/ч

Компонент	Ед. изм.	Газ	Мазут	Древесина	Торф	Уголь	
						бурый	каменный
Пыль и зола	кг/Гкал	0	0	1,34	3,50	17,70	13,84
Сажа		0,32	4,13	0,84	1,75	2,66	2,08
Диоксид серы – $\text{SO}_2$		0	3,30	0	0,35	5,31	4,33
Оксиды азота - $\text{NO}_x$		0,37	0,99	0,42	0,61	0,80	0,80
Бенз(а)пирен	г/Гкал	следы	0,83	0,01	0,01	1,42	1,04
Оксиды ванадия в пересчете на $\text{V}_2\text{O}_5$		0	следы	нет	нет	следы	следы

Замена мазута и угля на древесину и торф позволит снизить выброс оксидов азота на 21 – 58 %, сажи на 34 – 80 %, бенз(а)пирена на 98,6 – 99,2 %, полностью удалить оксиды ванадия и практически полностью оксиды серы (табл. 2).

Типичный уровень эмиссии при сжигании древесной щепы (по опыту европейских станций):  $\text{NO}_2$  – 100 мг/МДж; твердых частиц после очистки продуктов сгорания (ПС) в мультициклоне – 300 мг/нм<sup>3</sup>, а при использовании системы конденсации влаги из ПС – 40 мг/нм<sup>3</sup>,  $\text{CO}$  – 0,05% при концентрации  $\text{O}_2$  в ПС 10 % [4].

Таблица 2 – Снижение выбросов (%) загрязняющих веществ на одну выработанную Гкал при замещении некоторых топлив древесиной и торфом

Исходное топливо	Мазут		Уголь			
			бурый		каменный	
Замещающее топливо	древесина	торф	древесина	торф	древесина	торф
Пыль и зола	Появляется в количестве 1,34 кг/Гкал		92,5	80	90	75
Сажа	80	60	69	34	60	60
Диоксид серы – $\text{SO}_2$	Полностью исчезает	90	Полностью исчезает	93	Полностью исчезает	92
Оксиды азота - $\text{NO}_x$	58	42	48	23	46	21
Бенз(а)пирен	98,8	98,6	99,2	99,2	99	98,8
Оксиды ванадия в пересчете на $\text{V}_2\text{O}_5$	Полностью исчезают					

Воздействие на окружающую среду, которое оказывает энергоисточник на древесном топливе, имеет специфику относительно ископаемых топлив – необходимо учитывать воздействие древесной пыли, грибковых спор и пр.

Необходимо отметить, что в экологическом вопросе существует разница между индивидуальными отопительными установками и коммунальными котельными (централизованное теплоснабжение). В ЕС индивидуальные установки не проходят контроль на соответствие экологическим нормам, а коммунальные котельные – проходят таковой контроль. Поэтому, выбросы на единицу выработанной теплоты в коммунальных котельных в несколько тысяч раз меньше, чем в частных отопительных установках.

Вообще же, за рубежом технологии очистки дымовых газов сейчас достаточно отработаны, процессы сжигания на колосниковых решетках отлажены и экологическое воздействие энергоисточников на древесном топливе минимально.

**Социальный аспект.** Технологии энергетического использования биомассы обладают значительным потенциалом для создания новых рабочих мест. Так, в Австрии в настоящее время деятельность 10 тыс. человек связана с биомассой, в основном древесной. В Швеции деятельность по заготовке, транспортировке древесины и обслуживанию соответствующих электростанций оценивается в 300 мест/ТВт·ч, причем в дальнейшем этот показатель может быть увеличен еще на 200 мест/ТВт·ч. В Финляндии показатель занятости людей в процессе энергетического использования древесной биомассы составляет 700 мест/ТВт·ч. В среднем можно считать, что 1 МВт<sub>т</sub> установленной мощности дает одно рабочее место. Кроме того, деньги, заплаченные потребителями энергии, остаются в регионе и способствуют его развитию, так как уменьшается импорт энергоносителей в регион.

Очевидно, что «зеленая энергетика» не является дешевой, однако привлекательна по другим причинам, и главным образом, как средство рационального подхода страны к своим ресурсам и экологической ситуации.

## Библиографический список

1. Jorgensen U., Kristensen E.F. European Energy Crops Overview. Country Report for Denmark.-Copenhagen: MAF, 1996. 83 p.
2. Биомасса как источник энергии // Под ред. Соуфера С., Заборски.-М.: Мир, 1985. 365 с.
3. Гелетуха Г.Г., Железная Т.А. Обзор технологий генерирования электроэнергии, полученной из биомассы при ее газификации // Экотехнологии и ресурсосбережение. 1998. №3. С. 3-11.
4. Данилов Н.И., Щелоков Я.М. Энциклопедия энергосбережения. Екатеринбург: ИД «Сократ». 2004. – 368 с.
5. Йенсен А., Якобс Л.К.. Централизованное теплоснабжение на биотопливе // Энергетика Региона. 2007. №6 (107). С. 42-44.
6. Отчет Финской ассоциации ЦТС по проекту «Мини-ТЭЦ на биомассе и централизованное теплоснабжение» (2000-2003 г.г.).
7. Шарапа С.П. Современные технологии сжигания местных видов топлива в котлах небольшой производительности // Энергия и менеджмент. 2006. № 1. С. 29 – 32.

**Угрюмов Б.И., Угрюмова С.Н., Даниленко О.К.**

*(Братский государственный университет, г. Братск, РФ)*

## **К ВОПРОСУ О ВЛИЯНИИ ЛЕСОСПЛАВА НА КАЧЕСТВО ВОДЫ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ**

### **IMPACT OF TIMBER-RAFTING ON WATER QUALITY**

*The relation between water quality and substances dissolved in water, speed of removal them from rafted wood, speed of their oxidation in water, and speed of water reaeration.*

На рубеже XX-XXI веков крайне обострились экологические и социальные проблемы на глобальном и региональном уровнях. Это происходит из-за все более ярче и контрастнее проявляющейся ошибочности господствующей долгие годы концепции покорения природы и ее преобразования по произволу человека с технократическим мышлением, ради призрачной цели – материального изобилия. В результате активной техногенной деятельности человека во многих регионах нашей планеты разрушена биосфера и создан новый тип среды обитания – техносфера.

По данным отечественных и зарубежных организаций, промышленное и транспортное загрязнение воздушной среды уже привело к тому, что, по меньшей мере, половина лесов в развитых странах больна, резко активизировались процессы окисления почвы и воды, возникают все новые и новые техногенные зоны.

Поэтому одна из острейших проблем нашего общества – сохранение лесов, водных экосистем и рациональное использование водных и лесных ресурсов. Особенно страдают при этом водные ресурсы, поскольку рано или поздно, на реках озерах и водохранилищах отражаются все виды негативных последствий жизнедеятельности человека. При этом наиболее интенсивному воздействию подвергаются пресные воды, в особенности реки Сибири и Дальнего Востока, зависящее от влияния на них гигантов металлургической, химической, горнодобывающей промышленности, гидроэнергетических сооружений и предприятий сельского и городского хозяйства.

Последствие истощения лесосырьевых баз из-за активного процесса лесозаготовок в лесных регионах России привели к тому, что лесные массивы удалены от мест переработки и потребления древесины лесоперерабатывающими предприятиями на значительное расстояние, что вызывает необходимость перевозок лесоматериалов наиболее экономичным и наименее энергоемким видом транспорта. Таким является водный транспорт леса, потребление энергии при котором в 4 раза меньше, чем при железнодорожном и в 17 раз меньше, чем при автомобильном виде транспорта лесоматериалов. В то же время предприятия лесопромышленного комплекса являются водопользователями и принимают участие в совместном водопользовании с другими техногенными структурами, к которым относятся промышленные и гидроэнергетические предприятия.

Актуальность этого направления в последнее время подчеркивается многими правительственными решениями в сфере экологии и рационального природопользования, одним из определяющих является постановление № 1414 от 11.11.96 г., утвержденное представителем правительственной комиссии по науке и технике «Критиче-

ские технологии федерального уровня», в котором содержится раздел «Экология и рациональное природопользование», включающий следующие критические технологии: «Технологии реабилитации окружающей среды от техногенных воздействий» и «Технологии минимизации экологических последствий транспортных воздействий».

Таким образом, ресурсосберегающие и экологически чистые технологии по снижению негативного воздействия техногенных структур и лесосплава на водные объекты необходимо рассматривать как фрагмент критических технологий федерального уровня.

Качество воды характеризуется составом и количеством растворенных и взвешенных веществ, содержанием биомассы и микроорганизмов, температурой и рядом других физических характеристик. При затоплении древесной массы в воду выделяются: заболонь, ядро – моно - и олигосахариды и витамины (в том числе сахара), смолистые вещества, алифатические жирные кислоты, многоатомные фенольные соединения (пирокатехин, резорцин), азотсодержащие соединения, минеральные соли, фосфорсодержащие соединения, красители.

Степень и продолжительность влияния затопленной древесной массы на качество воды определяется следующими факторами:

- объемом затопленной древесной массы;
- породой деревьев;
- зараженностью древостоя гнилью, ее преобладающим типом и степенью гниения;
- объемами водоема;
- проточностью водоема и отдельных масс воды в нем (застойных и мелководных зон, придонных слоев воды);
- температурой воды с учетом стратификации;
- временем нахождения древесины в полностью затопленном состоянии;
- температурой воздуха;
- содержанием растворенного кислорода в водоеме.

Процессы деструкции древесины, а также процессы вымывания водорастворимых веществ из коры, заболони, ядра отличаются по продолжительности, характеру и интенсивности в зависимости от того, затоплена древесина постоянно или затапливается периодически.

Суммарное содержание водорастворимых веществ в различных породах деревьев представлено в таблице 1, [3, 4].

Таблица 1

Район произрастания	Общее содержание ВРВ в древесине в % от ест.-сух. массы					
	сосны	лиственницы	ели	кедра	березы	осины
Ленинградская область	2,3	-	1,7	-	1,2	2,1
Урал	2,1	-	1,5	-	4,2	1,3
Иркутская область	2,0	12,2	2,0	4,3	2,7	3,1
Байкал	3,2	9,1	-	1,5	3,0	-
Лесосырьевая база БЛПК	2,6	15,4	1,9	5,0	1,6	3,2
Тавда	3,5	-	2,0	7,6	2,8	2,7

Собственно древесина, состоящая в основном из нерастворимых в воде целлюлозы и лигнина, при полном постоянном затоплении, практически не разрушается. Из здоровой, не подверженной гнили затопленной древесины происходит длительное по времени вымывание водорастворимых веществ: прежде всего, из коры и заболони и, менее интенсивно и в меньших количествах, из ядра. Вымывание водорастворимых веществ из гнилой древесины происходит более интенсивно.

Кислородный режим водоемов и биологическая потребность в кислороде (БПК) наиболее изменчивые показатели качества воды, зависящие от многих факторов.

Из них наибольшее значение для лесосплава имеет вещества, растворимые водой (ВРВ), скорость вымывания их из древесины, скорость окисления их в воде и скорость реэрации воды. Каждый из этих факторов, в свою очередь, зависит от ряда других, так что необходима точная оценка влияния их в каждом конкретном случае. Однако, на основе модельных опытов в лабораторных и природных условиях, а также с учетом некоторых сведений в литературе, приведем наиболее важные результаты:

1) содержание ВРВ, растворимых в горячей воде, в заболонной древесине основных лесобразующих пород (%): сосна – 1,4 – 3,5; ель – 1,5-2,3; кедр – 1,5-7,6; береза – 1,0-4,2; осина – 1,8-3,2. В холодной воде растворяется в 2-3 раза меньше. В коре содержание ВРВ намного больше. Так, в холодной воде их растворяется (%): в сосне  $\approx 12$ , ели  $\approx 22$ , березе  $\approx 18$ , осине  $\approx 21$ . Для коры составляет 5-12% от стволовой биомассы;

2) вымывание ВРВ происходит по экспоненциальному закону, если пренебречь некоторой первоначальной лаг-фазой (когда клетки коры еще живы и удерживают ВРВ) и ускорением в связи с отмиранием живых клеток. Удельная скорость вымывания  $k_0$  варьируется от 0,02 до 0,06, в среднем равна 0,04 суток<sup>-1</sup>. В хранившейся древесине в связи с отмиранием живых клеток луба и заболони скорость вымывания несколько повышается.

3) окисление ВРВ происходит по экспоненте с ограничением. Скорость окисления  $k_1$  сильно варьируется в зависимости от температуры воды, состава и легкости окисления ВРВ, а также от видового состава и обилия микроорганизмов в воде. Величина  $k_1$  в лабораторных условиях колеблется от 0,1 до 1 сутки<sup>-1</sup>. Необходимо уточнение величины для каждого водоема, используемого в целях лесосплава.

4) Скорость аэрации  $k_2$  зависит, в значительной степени, от скорости потока и температуры. При температуре 15-20° С она равна 0,1 в слабопроточных водоемах и 0,7-0,8 в малых реках с быстрым течением.

В связи с экспоненциальным законом вымывания ВРВ основная масса, основная масса их попадает в воду в первые две недели, даже в первые сутки. Если древесина затонула, то в слабокислых водах происходит частичный гидролиз полисахаридов. Даже по истечении нескольких лет в заболони остается (вновь образуется в результате гидролиза) некоторое количество ВРВ, например, в сосне после 5 лет затопления – 36%, а через 18 лет – 18% от первоначального количества ВРВ. Еще медленнее ВРВ вымывается из ядровой части. Можно сказать, что малое количество ВРВ в затонувшей древесине и очень медленное их вымывание определяет их незначительное влияние на кислородный режим водоема. Вопреки распространенному мнению затонувшая древесина «не гниет», очень медленно изменяясь в химическом отношении. Таким образом, наиболее опасные ситуации для рыбы могут возникнуть в первые несколько декад пребывания древесины в воде.



Проведенное математическое моделирование данного процесса показало, что изменение БПК и дефицит кислорода описываются эскизной моделью на основе общепринятой модели Стритера-Фелпса с учетом того, что загрязнения поступают в воду не в виде разового сброса, а постепенно – в процессе вымывания их из неокоренной древесины. Расчеты сделаны, исходя из следующих предположений: биохимический показатель (количество  $O_2$ , расходуемое на окисление единицы массы ВЭВ)  $r = 1$  (соответствует полисахаридам и низкомолекулярным углеводам), базисная плотность древесины  $\rho = 400 \text{ кг/м}^3$ .

Принимаем следующие ограничения  $\text{БПК} \leq 3 \text{ мг/л}$ , концентрация кислорода  $> 6 \text{ мг/л}$ . Обозначив содержание ВРВ в древесине через  $C_d$ , получим (табл. 2.) значения объемных соотношений воды и древесины  $\lambda$  (в скобках указано значение  $\lambda$  при  $C_d = 2,5\%$ ).

Как показывают результаты исследования водопоглощения круглых лесоматериалов, наиболее опасно положение, когда скорость вымывания велика, а скорость окисления мала. Если принять за предельно допустимое соотношение по токсичности  $\lambda \leq 1: 250$ , то при  $C_d = 2,5\%$  БПК является лимитирующим фактором при  $k_1 = 0,3$  и  $k_0 = 0,04 - 0,06$ , где  $\lambda$  должна быть еще меньше.

Таблица 2 – Значения объемных соотношений воды и древесины в зависимости от скорости окисления  $k_1$  и скорости аэрации  $k_2$

$k_1$ , сутки	$k_2$		
	0,02	0,04	0,06
0,30	$C_d/458$ (1/183)	$C_d/818$ (1/327)	$C_d/1110$ (1/444)
1,00	$C_d/155$ (1/62)	$C_d/292$ (1/117)	$C_d/418$ (1/167)
2,00	$C_d/80$ (1/32)	$C_d/155$ (1/62)	$C_d/255$ (1/90)

Ограничения по дефициту кислорода также возникают при определенных условиях. Например, при  $k_0 = 0,06$ ,  $k_1 = 0,3$  и  $k_2 = 0,1$  максимальный дефицит наступает через 30 суток и при начальной концентрации кислорода  $10 \text{ мг/л}$  для выдерживания необходимой нормы  $\lambda \leq 1: 495$ . При  $k_0 = 0,02$ ,  $k_1 = 0,2$  и  $k_2 = 0,1$   $\lambda \leq 1: 268$  (максимум дефицита через 41 сутки), т.е. при слабой проточности концентрация кислорода является лимитирующим фактором.

При длительном пребывании древесины в воде процесс поглощения кислорода из воды не прекращается, хотя и его интенсивность снижается.

Таким образом, приняв за основу требования к составу и свойствам воды в водных объектах, предназначенных для сохранения и воспроизводства ценных видов рыб, обладающих высокой чувствительностью к недостатку кислорода, можно сделать следующие выводы:

- БПК и концентрация  $O_2$  в воде зависит от ряда условий, в основном, от скорости вымывания экстрактивных веществ и скорости их окисления. Максимальное соотношение объемов древесины и воды –  $1: 250$  – установлено по результатам токсикологических испытаний по отношению к гидробионтам. Сравнительно большой скорости вымывания (после длительного хранения древесины) и малой скорости окисления (в холодных чистых прудах) требуется еще меньшее соотношение древесины и воды. Од-

нако при сплаве свежей или окоренной древесины кислородный режим не является лимитирующим фактором (необходимо выдерживать токсикологическую норму 1: 250). Опасность возрастает в слабопроточных водоемах. В малых реках с быстрым течением изменением гидрохимического режима можно пренебречь, но возрастает роль эрозионных процессов.

Таблица 3 – Поглощение растворенного в воде кислорода для различных частей дерева основных лесообразующих пород при различном содержании кислорода [5]

Древесина	Часть дерева	Интенсивность поглощения кислорода при концентрации кислорода в воде, мг/л					
		2	2-4	4-6	6-8	8	средняя 2-8
Сосна	Ядро	0,234	0,278	0,292	0,425	0,032	0,332
	Заболонь	1,076	1,105	0,893	0,766	0,045	0,921
	Кора	1,990	2,480	2,955	2,275	0,050	2,573
Ель	Спелая древесина	0,048	0,065	0,077	0,185	0,038	0,109
	Заболонь	0,346	0,338	0,251	0,474	0,041	0,354
	Кора	12,380	11,660	10,490	7,420	1,030	9,857
Лиственница	Ядро	0,464	0,602	0,792	0,405	0,013	0,600
	Заболонь	1,735	1,148	1,053	0,918	0,020	1,040
	Кора	3,180	5,035	7,190	5,270	0,050	5,832
Береза	Центр. часть ствола	1,348	1,394	1,429	0,901	-	1,241
	Заболонь	1,472	1,408	1,465	0,918	-	1,288
	Кора	2,880	3,610	5,430	7,155	1,655	5,398
Осина	Спелая древесина	0,537	0,791	0,988	0,495	0,006	0,658
	Заболонь	1,426	1,258	1,015	0,813	0,005	1,029
	Кора	3,565	4,855	6,325	7,855	2,560	6,345

#### Библиографический список

1. Угрюмов, Б.И., Новоселов, А.В. и др. Проблемы организации технологических процессов освоения «бесхозной» древесины / Б.И. Угрюмов. Учебное пособие. - БрИИ, Братск, 1998. - 85с.
2. Угрюмов, Б.И., Пятакин, В.И. Экологические и технологические проблемы водо- и лесопользования в условиях водохранилищ / Б.И. Угрюмов, В.И. Пятакин. – С-Петербург, 1999, ЛТА. - С. 57.
3. Непенин Ю.Н., Жалина В.А., Бобров Ю.А. Особенности физических свойств, химического состава и технологических свойств хвойных пород древесины Сибири/ Тезисы докладов «Теоретические и поисковые исследования. База ускорения технического прогресса ЦБП». Таллин, 1975.

4. Жалина В.А., Савинова В.И., Бобров Ю.А. и др. Химический состав древесины лесосырьевой базы Братского ЛПК/ Химия и технология целлюлозы/ Межвузовский сборник научных трудов. – вып.21. – Л.: ЛТА, 1975.

5. Исследовать деструкцию лесной биомассы и влияние ее на качество воды в водохранилищах/ Отчет по НИР. – Л., ЛТА, 1982.

**Чумарный Г.В.** (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

## **ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНЫХ УСЛОВИЙ ТРУДА НА ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕМ ПРЕДПРИЯТИИ** *SAFETY ISSUES FOR THE WOOD-PROCESSING ENTERPRISE*

*Some aspects of safe working conditions at the enterprise are considered.*

Обеспечение безопасных условий труда на современных деревообрабатывающих предприятиях сталкивается с рядом общих для всех отраслей промышленности проблем, хотя, безусловно, имеются и некоторые особенности.

Организационные причины, лежащие в основе неудовлетворительных условий и состояния охраны труда в Российской Федерации кратко могут быть сведены к следующим [1]:

- неустойчивое экономическое положение предприятий;
- отсутствие у работодателей и работников надлежащих знаний законодательства об охране труда;
- пренебрежение работодателями требованиями законодательства об охране труда (отсутствие у них реальных экономических стимулов для создания здоровых и безопасных условий труда);
- несовершенство нормативно-правовой базы по охране труда;
- ограниченные административные ресурсы государственного надзора и контроля за соблюдением законодательства об охране труда.

Также отметим следующие технические причины профессиональных заболеваний и производственного травматизма на предприятиях деревообработки:

- несовершенство технологического процесса (применение устаревшей или нерациональной технологии, опасные свойства обрабатываемых материалов и образующихся продуктов);
- недостаточная надежность машин, механизмов, оборудования (вследствие высокой степени изношенности оборудования, неквалифицированного ремонта и т.п.);
- эксплуатация неисправной техники (неисправность и несовершенство блокировок, предохранительных устройств, средств сигнализации и ограждений, дефекты и конструктивные недостатки оборудования, приспособлений, инструментов);
- отсутствие или недостаток механизации при проведении тяжелых работ.

Кроме того, следует отметить группы психофизиологических и санитарно-гигиенических причин, определяющих вредный или даже опасный характер условий труда работников деревообрабатывающей отрасли.

Наличие той или иной причины или их комбинации проявляется в воздействии на оператора различных неблагоприятных производственных факторов. Для работников деревообрабатывающей промышленности это, в первую очередь, воздействие шума, запылённость воздуха рабочей зоны, травмоопасность; в зависимости от специфики конкретного производства могут быть превышены концентрации газообразных веществ в воздухе рабочей зоны, превышены уровни вибрации, могут не соответствовать параметры микроклимата и освещённости рабочей поверхности и присутствовать другие, менее типичные, отклонения.

По оценкам специалистов по охране труда, в основе большинства случаев профессиональных заболеваний и травматизма лежат несовершенство технологических процессов, конструктивные недостатки машин и оборудования, что в немалой степени усугубляется действием человеческого фактора. Как свидетельствует отечественный и зарубежный опыт, состояние техники и оборудования оказывает определяющее влияние и на уровень производственного травматизма с летальным исходом. В качестве иллюстрации: в результате технического перевооружения перерабатывающей промышленности, проведенного за последние 25 лет в ряде стран, смертельный травматизм на производстве снизился: в Японии более чем в 4 раза, США - 2,5 раза, в Великобритании и Германии - в 2 раза, в Италии и Франции - в 1,5 раза. В РФ ситуация не столь «радужная»: уровень производственного травматизма с летальным исходом в России в 5-8 раз выше, чем в экономически развитых странах [3].

Выделим основные пути обеспечения надлежащего решения вопросов организации работы по охране труда в хозяйствующих субъектах:

- реформирование и модернизация единой государственной системы управления охраной труда, как на уровне хозяйствующих субъектов, так и на всех уровнях государственной власти;
- разработка и реализация комплекса мер, направленных на реальное повышение экономической заинтересованности работодателей в создании здоровых и безопасных условий труда;
- совершенствование и повышение эффективности обучения различных групп работающего населения по вопросам охраны труда;
- реализация комплекса практических мер по обеспечению широкого информирования и консультирования работодателей и работников по актуальным вопросам охраны труда;
- совершенствование системы государственного надзора и контроля за соблюдением законодательства об охране труда.

Перспективным представляется использование различных информационных технологий математического моделирования при создании эффективной системы управления охраной труда (СУОТ) на предприятии. При построении модели необходимо учитывать следующее:

- СУОТ на предприятии должна вписываться в концепцию СУОТ на государственном уровне и соответствовать техническому уровню данного объекта экономики, отрасли.
- СУОТ должна быть совместима или объединена с другими системами управления организации [2].

Важнейшая задача службы охраны труда лесопромышленных и деревообрабатывающих предприятий - это борьба с производственным травматизмом и профессиональной заболеваемостью, а также обеспечение безопасных и комфортных условий труда работников. На современном этапе развития техносферы этому способствует внедрение на предприятиях элементов СУОТ, взаимодействующей с другими управляющими системами и образующих определённую ИСБ (интегрированную систему безопасности) конкретного предприятия.

Основным недостатком на пути создания эффективной ИСБ (в частности СУОТ) являются, очевидно, значительные капиталовложения, оправданность которых требует серьёзного обоснования.

С другой стороны, забота о жизни и здоровье людей - чем не весомый довод в пользу таких затрат?

## Библиографический список

1. Материалы всероссийской конференции «Перспективы управления» [Электронный ресурс]: сайт электронной версии газеты "Безопасность Труда и Жизни", №5-6 (67), 2009 / - Электрон. текстовые данные -Режим доступа: <http://www.btg.asot.ru/>, - Загл. с экрана.
2. Чумарный Г.В. Подход к применению математического моделирования при создании эффективной системы управления охраной труда на предприятии [Текст] / Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции «Перспективные инновации в науке, образовании, производстве и транспорте 2008», том 3. Технические науки. – Одесса: Черноморье, 2008. – 88с.
3. Роик В.Д. Безопасность труда в России: состояние и среднесрочные перспективы/Актуальные проблемы совершенствования законодательства об охране труда/ Аналитический вестник Совета Федерации ФС РФ. -2003. -№ 15 (208) [Электронный ресурс]: сайт " Бюджетная система Российской Федерации " / - Электрон. текстовые данные - Режим доступа: <http://www.btg.asot.ru/>, - Загл. с экрана.

**Алексеева Л.В., Шатохин А.А.**

(САФУ, г. Архангельск, РФ) [niloga@yandex.ru](mailto:niloga@yandex.ru)

## **К ВОПРОСУ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ МАЛОГО ЛЕСОПИЛЕНИЯ *FIRE-SAFETY IN SMALL-SIZED SAW MILLING ENTERPRISES***

*The article is devoted to regulations in the field of fire-safety in small-sized saw milling enterprises.*

Предприятия лесопиления и деревообработки по своей сути являются пожароопасными. Степень вероятности возникновения пожаров на них достаточно высока, и, в первую очередь, она обусловлена значительной пожарной нагрузкой цехов и территорий, энергоёмкостью производств и большой концентрацией оборудования. Вследствие

этого, к данной отрасли промышленности всегда предъявлялись повышенные требования в области пожарной безопасности.

Ранее пожарная безопасность на промышленных объектах, в том числе и на предприятиях лесопиления, регламентировались более чем двумя тысячами различных документов, содержащих, в общей сложности, более 150 тысяч требований. Все их необходимо было выполнять, эксплуатируя тот или иной объект, что в большинстве случаев представляло значительную трудность.

Введенная в последнее время в России новая законодательная база позволила изменить в некоторой степени существовавшую ситуацию. В настоящий момент времени правовой основой технического регулирования в области пожарной безопасности являются несколько Федеральных законов: Федеральный закон от 21 декабря 1994 г., № 69-ФЗ «О пожарной безопасности» и Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» и Федеральный закон от 9 ноября 2009 г. № 247-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с принятием Федерального закона «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

Однако, несмотря на все нововведения, существующая на сегодняшний день система обеспечения пожарной безопасности предприятий лесопильной и деревообрабатывающей промышленности, включающая в себя совокупность технических средств и организационных мероприятий, меры юридического, организационного, экономического и социального характера, а также отраслевые правила пожарной безопасности, не всегда в полной мере обеспечивает защиту производств от пожаров. Об этом, в данном случае, свидетельствуют данные статистики, согласно которым пожары на объектах этого сектора экономики происходят достаточно часто. Так, например, по данным Главного управления МЧС России по Архангельской области на объектах лесного комплекса региона за период с 2003 по 2010 гг. произошло 682 пожара. При наблюдаемом снижении общего количества пожаров в этом секторе промышленности (со 112 – в 2005 г. до 56 – в 2010 г.), увеличивается число возгораний, происходящих на малых лесопильных и деревообрабатывающих предприятиях. На сегодняшний период времени количество пожаров на объектах этой категории оставляет около 1/3 от общего их количества. Причем, в большей степени, от пожаров страдают именно небольшие цеха лесопиления – основной состав этого сектора лесной промышленности региона.

На наш взгляд это связано, прежде всего, с недостаточной проработанностью некоторых вопросов, касающихся отлаживания общей системы пожарной безопасности, невысокой результативностью осуществления возложенных на нее задач и функций применительно к конкретному сектору лесной отрасли, а также противоречий новых требований с существующими. Кроме этого, необходима адаптация («обкатка») новой законодательной базы и нормативных актов в современных условиях, для чего требуется некоторый период времени. Однако основной первопричиной возникновения пожароопасных ситуаций на объектах малого лесопиления, в большинстве случаев, является безответственное отношение владельцев предприятий и их работников к вопросам безопасности.

Практика расследования значительного количества пожаров, происшедших на объектах малого лесопиления Архангельской области, позволила сделать вывод о том, что в большинстве случаев они возникают вследствие грубейших нарушений основных требований пожарной безопасности, причем не только вводимых вновь, но существовавших ранее в течении длительного времени. Кроме этого, плановые проверки, прово-

димые отделами надзорной деятельности (ОНД) подразделений МЧС, регулярно выявляют массу несоблюдений этих требований, которые из года в год повторяются с завидной регулярностью.

Данные обстоятельства свидетельствуют о том, что в значительном количестве случаев владельцы предприятий малого лесопиления не проявляют должного внимания вопросам пожарной безопасности своих предприятий, а у некоторых собственников почти полностью отсутствуют знания об основных требованиях современной нормативной базы, регламентирующей эту сферу деятельности. В этой связи необходимо прояснение некоторых вопросов, относящихся к вопросам в области пожарной безопасности.

На сегодняшний день все обязательные для исполнения требования пожарной безопасности содержатся в Техническом регламенте, а также в двенадцати сводах правил (СП), носящих рекомендательный характер и около 90 национальных стандартов.

Согласно требованиям Технического регламента, в настоящий момент собственнику предприятия или производства теперь не обязательно детально изучать и знать все документы, относящиеся к области пожарной безопасности, теперь ему достаточно ознакомиться и выполнять те требования, которые касаются непосредственно его объекта.

Главное отличие Технического регламента от ранее действующих нормативных документов заключается в том, что он дает возможность собственнику самостоятельно выбирать вариант противопожарной защиты принадлежащего ему имущества. Тем самым предприниматели получили право рисковать своей собственностью. Но в этом случае возникновения пожароопасной ситуации и непосредственного самого пожара владельцем производства не должен быть нанесен ущерб жизни, здоровью и имуществу третьих лиц.

На начальном этапе проектирования, создания или реконструкции предприятия собственник или лицо, уполномоченное на управление этим объектом, в некоторых случаях должны подготовить пожарную декларацию, в которую он должен включить те требования пожарной безопасности, которые будут соблюдаться на данном производстве. Декларация подается на весь объект в целом. Многими специалистами в области пожарной безопасности отмечено, что одна из главных задач декларации – добиться от собственников объектов осознания важности обеспечения безопасного, с точки зрения возникновения пожаров, функционирования своих производств. Основные требования к декларации пожарной безопасности изложены в 64 статье Технического регламента.

Принцип декларирования пожарной безопасности давно применяется в международной практике. Подавая декларацию, собственник объекта избегает согласований с ОНД территориального подразделения МЧС. При этом владелец должен сам определить, какие требования пожарной безопасности необходимо выполнить на его производстве или объекте. Иными словами предпринимателю необходимо подготовить инструкцию о мерах пожарной безопасности для конкретной организации.

Декларация включает в себя перечень нормативных документов по пожарной безопасности, требования которых собственник обязуется выполнять. Всю необходимую информацию, причем в максимально компактном виде, предприниматель может получить из СП. На сегодняшний период времени СП содержат все действовавшие ранее документы. СП разбиты на четыре группы: 1-я касается эвакуации людей при пожаре, 2-я – предотвращения возникновения пожара, 3-я – ограничения распространения

пожара и 4-я – создания условий для тушения загораний и проведения спасательных работ.

Из требований Технического регламента вытекает то, что перед тем, как возводить, эксплуатировать или реконструировать объект, собственник должен подготовиться, то есть знать требования пожарной безопасности, которые установлены для этого объекта. Следовательно, декларирование можно рассматривать, как некую подготовку собственника и должностных лиц к безопасной эксплуатации того или иного объекта, того или иного предприятия, что в конечном итоге должно способствовать снижению количества пожаров. Естественно, что не всегда вышеуказанные мероприятия позволят предотвратить происшествие, связанное с пожаром, но может повысить осведомленность владельцев и работников предприятий в области пожарной безопасности.

Однако большинство малых лесопильных предприятий не попадают под декларирование пожарной безопасности. Это связано, в первую очередь, с тем, что производственные здания и сооружения, где они расположены, как правило, имеют один этаж и небольшую площадь, что в соответствии с законодательством РФ о градостроительной деятельности не предусматривает проведение государственной экспертизы проектной документации и, следовательно, они декларированию не подлежат.

Владельцев предприятий подобное положение дел в большинстве случаев устраивает, так как при этом нет необходимости расходовать немалые средства на оплату составления декларации коммерческим организациям, которые оказывают подобные услуги. Но это не всегда идет на пользу собственников предприятий, а в некоторых случаях может принести непоправимый вред. Недостаточная информированность предпринимателей о пожарной опасности своих производств, отсутствие у владельцев и работников предприятий элементарных знаний в области пожарной безопасности, отсутствие на объектах противопожарных мероприятий в необходимом объеме, как показывает практика расследования пожаров, приводит к тому, что риск возникновения пожароопасных ситуаций многократно увеличивается. Пожары, возникшие вследствие вышеуказанных первопричин, возникают на малых лесопильных предприятиях все чаще и чаще.

В сложившейся ситуации, для предотвращения пожаров на объектах малого лесопиления, недопущения гибели людей, снижения количественных и качественных показателей ущерба, актуальной является дальнейшая научная проработка вопросов в области аналитической оценки безопасной организации и функционирования производств, идентификации опасностей и определения факторов риска возникновения пожаров на существующих, вновь создаваемых и реконструируемых предприятиях, с учетом положений действующей современной законодательной базы и нормативных актов. Однако мероприятия всех направленностей не принесут желаемого результата без глубокого осознания собственниками предприятий необходимости освоения требований пожарной безопасности и практического применения их на объектах малого лесопиления.

## Библиографический список

1. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
2. Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. № 69-ФЗ «О пожарной безопасности».



## **Проблемы профессионального образования и инжиниринга в деревообработке**

**Белозёров И.Л., Рябухин П.Б., Исаев С.П.** (ТОГУ, г. Хабаровск, РФ),  
**Манько Ю.И.** (Биолого-почвенный институт ДВО РАН,  
г. Владивосток, РФ)

### **ПОДГОТОВКА ИНЖЕНЕРНЫХ КАДРОВ ДЛЯ ЛЕСНОГО КОМПЛЕКСА ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА TRAINING ENGINEERS FOR FAR EAST FOREST-BASED INDUSTRIES**

*The article deals with challenges in training engineers for Far East forest-based industries.*

Рассматривая ранее состояние лесопромышленного комплекса (ЛПК) Приморского края [1], мы уже отмечали, что Дальний Восток представляет огромный интерес для экономики нашей страны и имеет хорошие перспективы для дальнейшего его развития. Связано это с большими запасами древесины и выгодным географическим положением. Оценивая современное состояние лесного фонда Дальневосточного Федерального Округа (ДФО), ДальНИИЛХ [2] отмечает, что площадь насаждений основных лесобразующих пород достигает 223 млн. га (около 45% от всей площади), а запасы древесины в регионе составляют более 20 млрд. м<sup>3</sup>. Таким образом, все входящие в состав округа субъекты Российской Федерации относятся к лесоизбыточным районам, а близость Тихого океана и наличие незамерзающих портов позволяет отгружать экспортную лесную продукцию в страны Азиатско-Тихоокеанского региона, имеющие практически неограниченный рынок.

В связи с этим еще более остро стоит вопрос подготовки кадров для лесопромышленного комплекса, совершенствования системы высшего и среднего профессионального образования в нашем регионе. Тем более, что использование лесосырьевых ресурсов в стране остается неудовлетворительным: доля России (владеющей 23% всех мировых запасов древесины) в мировом производстве деловой древесины составляет только 8,1%, в то время как в развитых странах она гораздо выше, например, в США - 25,2% (при запасах 7,9%), а в Канаде – 12% (при запасах 7,6%). Деревообрабатывающая промышленность в настоящее время недостаточно конкурентоспособна на мировом рынке: величина ее стоимостной доли значительно меньше, чем величина физической доли в мировом годовом объеме экспорта названной продукции.

Основу российского лесного экспорта по-прежнему составляют необработанные лесоматериалы, по глубине переработки древесины и рациональному использованию наших природных богатств мы существенно отстаем от развитых стран. ЛПК Дальнего Востока в настоящее время также ориентирован на поставку на экспорт необработанных лесоматериалов. Такая установка не стимулирует рациональное использование заготавливаемой древесины, не позволяет комплексно использовать возникающие на раз-

личных стадиях технологического процесса отходы, составляющие до 50% от биомассы заготавливаемой древесины. С лесосек вывозится, главным образом, только качественная, крупномерная древесина, а тонкомер, некондиционное сырье и прочие отходы остаются на лесосеках, что еще более ухудшает и без того неблагоприятную с точки зрения экологии ситуацию в регионе.

Ввод новых мощностей, реконструкция действующих предприятий с оснащением их высокопроизводительным, сложным оборудованием, интенсивное строительство во Владивостоке в связи с подготовкой Саммита АТЭС в 2012 г. потребует высококвалифицированных кадров для лесопромышленного комплекса. В течение многих лет в отрасли не проводится также переподготовка инженерно-технических работников, а ранее она проводилась регулярно в Московском государственном университете леса и некоторых других вузах страны. Большие сложности и с повышением квалификации преподавательского состава. В связи с невозможностью направления студентов на практику на передовые предприятия, значительно снижается и качество подготовки специалистов. Ситуация ухудшается еще и тем, что преподаватели вузов также лишены такой возможности. В связи с этим считаем необходимым рассмотреть в этой статье вопрос подготовки инженерных кадров для отрасли.

Приводя краткий экскурс в историю лесного образования Дальнего Востока [3...5], уместно вспомнить, что грамотное ведение лесного хозяйства длительное время опиралось на специалистов, подготовленных в западных районах нашей страны. Интенсивное освоение лесных ресурсов в связи с массовым переселением потребовало квалифицированных специалистов, подготовленных из местных жителей и знающих зонально-региональные особенности природных условий и лесов. В связи с этим кадры низшего звена начали готовить здесь уже с 1909 г., сначала в лесной школе при Никольском лесничестве, центр которого находился в Никольске-Уссурийском (ныне г. Уссурийск, Приморского края), а позже и в другой – при Перском лесничестве (железнодорожная станция Гондатти, впоследствии Шимановская, Амурской области). Позднее такие же школы появились на станции Вяземской (Хабаровский край) и в Шкотово (Приморье).

Подготовка технического персонала осуществлялась вначале в лесном техникуме, созданном в 1926 г. на базе уже названной Перской лесной школы. В 1931...1932 гг. были организованы при «Дальлеспроме» курсы лесных съемщиков. Затем кадры среднего звена начали готовить: для лесной промышленности (лесозаготовки и деревообрабатывающие производства) – Приморский лесотехнический техникум (г. Лесозаводск, с 1945 г.); для лесного хозяйства – Вяземский лесной техникум (с 1950 г.). Спасская лесотехническая школа длительное время готовила на бюджетной основе грамотных рабочих для предприятий лесной отрасли.

Подготовка кадров высшей квалификации для лесной отрасли в нашем регионе началась с организацией во Владивостоке Дальневосточного университета, в котором к 1923 г. сосредоточились крупные научные силы, среди которых были выпускники Санкт-Петербургского лесного университета Б.А. Ивашкевич, А.А. Строгий, В.Ф. Овсянников и другие выдающиеся учёные. После реорганизации университета, приведшей к разделению на ряд специализированных вузов, преподавание дисциплин лесного профиля продолжалось в Дальневосточном лесотехническом институте, в котором было два факультета – лесохозяйственный и лесотехнический. В институте имелся вечерний факультет рабочей молодёжи в г. Уссурийске с общим числом слушателей 164

чел., а затем и дневной, на котором обучалось 120 чел. О высоком статусе бывшего лесотехнического института говорит также и преподавательский состав: 12 профессоров, 28 доцентов и 6 ассистентов, при институте была открыта аспирантура.

В 1932 г. этот институт был переведен в Хабаровск, но уже в 1934 г. был закрыт, что расценивается специалистами как непродуманный акт, нанесший ущерб лесному хозяйству дальневосточного региона. Инженерные кадры для лесной промышленности после перевода лесоинженерного факультета из Хабаровска готовились в Дальневосточном политехническом институте (ДВПИ им. В.В. Куйбышева). Работа эта была прервана в 1938 г., но в 1948 г. на строительном факультете была вновь открыта специальность «Лесоинженерное дело», а немного позже – «Механическая технология древесины». В 1952 г. был организован лесоинженерный факультет, который просуществовал в ДВПИ до 1962 г., когда он был решением правительства переведен в состав Хабаровского автодорожного института, придав ему этим статус политехнического института (ныне Тихоокеанский государственный университет, ТОГУ). Здесь и по настоящее время ведется подготовка инженеров-технологов по лесозаготовкам, деревообработке и химической переработке древесины, механиков для лесной промышленности и экономистов для химико-лесного комплекса.

С 1958 г. на лесохозяйственном факультете Приморского сельскохозяйственного института в г. Уссурийске готовятся инженеры лесного хозяйства, а с 1991 г. там появилась специализация «Охотоведение». В 1997 г. этот факультет преобразован в институт лесного и лесопаркового хозяйства, входящий в состав Приморской государственной сельскохозяйственной академии (ПГСХА). Специалистов лесохозяйственного профиля готовят также Институт леса Дальневосточного государственного аграрного университета (г. Благовещенск, Амурской области, с 1998 г.) и Дальневосточный лесотехнический институт (ДВЛТИ, в настоящее время это институт природопользования и экологии) Тихоокеанского государственного университета (г. Хабаровск, с 1999 г.).

В 1997 г. на машиностроительном факультете Дальневосточного государственного технического университета (ДВГТУ) вновь открыта специальность «Технология деревообработки», а в 2003 г. организована одноименная кафедра. Открытие специальности было актуально, продиктовано временем и вполне оправдано. Инициатива открытия этой специальности исходила от производственного объединения «Приморск-леспром», которое наиболее остро испытывало дефицит в специалистах данного направления, и была поддержана ректоратом университета и краевой администрацией. Ежегодно кафедра выпускала от 19 до 56 инженеров, а всего за этот короткий срок для лесной отрасли Приморья по очной и заочной формам обучения подготовлено более 300 специалистов по деревообработке. Подготовка специалистов продолжается и сейчас.

В советские годы набор студентов в учебные заведения лесного профиля региона осуществлялся как по личным инициативам выпускников школ, так и по направлениям от лесозаготовительных и деревообрабатывающих предприятий Дальнего Востока. Действующая государственная система распределения выпускников обязывала их явиться на предприятие по представлению Министерства лесной промышленности. Все было отлажено до автоматизма и узаконено, отрасль не знала кадровых проблем - лесотехшколы, лесотехникумы и институты обеспечивали все уровни производства своими выпускниками. Но с развалом Советского Союза эта системы подготовки кадров для отрасли, к сожалению, также была разрушена.

С 1993 года Дальневосточный лесотехнический институт ТОГУ взял за основу обеспечения кадрами ЛПК программу целевого набора студентов из лесных поселков с соответствующей поддержкой со стороны руководителей предприятий. Ежегодно с 1993 по 2005 год ДВЛТИ осуществлял набор в пределах 200 человек, направленных от предприятий по целевой программе подготовки по различным специальностям лесного профиля. Большую помощь в организации набора в начальный период реализации этой программы оказывало Министерство лесной промышленности Хабаровского края. С учетом 20-ти процентного отсева ежегодно 140...160 человек заканчивали наш институт, из них 50...60% возвращались на предприятия отрасли. Таким образом, на предприятия ЛПК дальневосточного региона трудоустраивалось по 50...70 человек.

В институте была отлажена система набора абитуриентов, обеспечения студентов местами производственных и преддипломных практик и трудоустройства выпускников. С момента перехода лесопромышленных предприятий в частные руки отлаженная система стала давать сбой. Все больше организационная работа по набору абитуриентов стала перекладываться на плечи института, чему способствовали и существовавшие в то время правила приема в вузы для специфических лесных специальностей за счет организации выездных комиссий для проведения олимпиад с последующим поступлением в вузы дальневосточного федерального округа.

Статистика набора студентов и распределения выпускников за последние годы показывает, что общее число студентов, поступавших по целевой форме в течение 2002...2007 годов, составляло 60...80% от общего количества абитуриентов. При этом на предприятия отрасли с учетом отсева студентов возвращались уже не 50...60% , а всего 30...40 % выпускников (снижение на 20%). В 2008 году по траектории целевой подготовки поступило всего 48% от общего числа абитуриентов (почти в 2 раза меньше, чем в предыдущие годы), а в 2009, 2010 годах от предприятий региона по целевому набору не было направлено ни одного абитуриента. Предприятия самоустранились, оставив нас один на один с возникшей проблемой. Производственники хотят получить «готовых специалистов», ничего не вкладывая в их подготовку. Не проводится даже профориентационная работа среди работников своих предприятий и школьников. При этом университет ежегодно выделяет огромные средства из своего внебюджетного фонда для проведения силами сотрудников и студентов нашего института профориентационной работы в регионах, для издания и распространения рекламной продукции в средствах массовой информации и в электронных базах учебных учреждений всех субъектов ДФО.

Силами приемной комиссии ИПЭ мы решили вопрос набора в 2009 году, но не выполнили план набора по некоторым специальностям. Как следствие, в 2010 году по востребованным отраслью специальностям «Технология деревообработки», «Лесоинженерное дело» и «Машины и механизмы лесного комплекса» план набора был сокращен в связи с отсутствием абитуриентов, желающих получить образование по данным специальностям. На эти специальности было зачислено соответственно только 7, 15 и 15 человек. При этом не было направлено ни одного человека по целевой или по договорной формам обучения. Ректоратом в условиях финансового дефицита и проблем с набором уже ставится вопрос о закрытии специальностей, не выполняющих плана набора, имеющих высокий процент отсева и не приносящих прибыли университету в рыночных условиях выживания вузов. В нашем университете это уже привело к объединению кафедр «Технология деревообработки» и «Технология и оборудование лесопро-

мышленного производства» института природопользования и экологии. Вновь созданная кафедра «Технология заготовки и переработки древесных материалов» призвана готовить технологов по деревообработке и лесозаготовкам. В связи с переходом на двухуровневую подготовку кафедре предстоит сейчас огромная работа по формированию учебных планов и учебно-методических комплексов дисциплин.

При этом в условиях демографического спада и введения в действие новых правил поступления в вузы в наш институт поступили, в основном, выпускники учебных заведений г. Хабаровска и южных районов Хабаровского и Приморских краев, трудоустройство которых после окончания института на предприятия ЛПК Хабаровского края является крайне сомнительным. Сегодняшние студенты старших курсов набора 2006 и 2007 годов относятся к числу последних, обучающихся по целевой программе. Их набирали всего по 15...30 чел. по каждой специальности, в отличие от 50...60 человек в прежние времена. Из них с учетом тех же 20% отсева на пятом курсе остается по 10...20 человек в группе, из которых по данным неофициального опроса в отрасль вернутся не более 30...40%, то есть 5...8 человек. А что может ждать отрасль от набора 2009 и 2010 годов, когда поступало на первый курс в среднем по 12 человек на специальность? С учетом действующего закона о всеобщей воинской обязанности, по которому выпускники вузов обязаны пройти службу в рядах вооруженных сил, этот показатель может быть в ближайшее время приближен к нулю. Ситуация катастрофическая!

В настоящее время базовыми специалистами отрасли, на опыте и знаниях которых держится производство, являются выпускники института 80...90 годов прошлого столетия. Если ситуацию не взять под контроль, то можно спрогнозировать, что через 4...5 лет отрасль может остаться без молодых специалистов с соответствующими последствиями. В то же время следует отметить, что многие предприятия ЛПК уже сейчас остро испытывают кадровую проблему и нуждаются в молодых специалистах, о чем говорят многочисленные обращения от работодателей в университет.

Необходимо также отметить и то, что в последние годы возникли проблемы с проведением полноценных производственных и преддипломных практик студентов 4...5 курсов на предприятиях отрасли. Некоторые предприятия отказывают в просьбах кафедр института в предоставлении мест прохождения практик, объясняя свое решение отсутствием жилья, столовых в поселках, невозможностью производить оплату за временное трудоустройство и другими надуманными причинами. В процессе прохождения преддипломной практики большинство предприятий отказывают в предоставлении информации экономической направленности. Ни о каких руководителях практики от предприятия и о мастерах-наставниках речь в настоящее время вообще не идет. В связи с вышесказанным, качество выпускников с учетом общего снижения качества подготовки в средних школах значительно ухудшилось.

Мы пытались решать вопросы подготовки кадров для отрасли в разные годы и на различных уровнях, но все решения Министерства природных ресурсов и Министерства образования Хабаровского края остались только на бумаге. В качестве примера налаживания обоюдно-выгодных контактов между отраслью и вузом можно привести Архангельскую область, Пермский край и республику Коми, где на протяжении многих лет налажен механизм взаимоотношений, позволяющий постоянно подпитывать предприятия лесопромышленного комплекса молодыми выпускниками вузов. В процессе обмена мнениями на научно-практической конференции в лесотехнической академии г. Санкт-Петербурга представителями этих регионов были озвучены основ-

ные моменты, на которых выстроены взаимоотношения между отраслью в виде министерств лесной промышленности и институтами лесного профиля.

Мы проанализировали полученную информацию и предлагаем следующий комплекс мер, реализация которых, по нашему мнению, будет содействовать процессу поступления выпускников средних школ в ИПЭ ТОГУ как по бюджетной, так и по целевой формам подготовки, повысит уровень профессиональных навыков и знаний и, как следствие, окажет помощь в решении кадровых проблем отрасли:

1. Министерству природных ресурсов необходимо создать рабочую группу для разработки политики по обеспечению отрасли кадрами с высшим образованием и специалистов рабочих профессий на принципах материального стимулирования ее членов по результатам работы.

2. Комитету лесной промышленности Хабаровского края совместно с юридическим отделом Министерства природопользования (МПР) разработать мероприятия и соответствующие нормативные документы, стимулирующие руководителей лесопромышленных компаний региона ежегодно направлять выпускников средних школ поселков, на базе которых расположены их предприятия, на обучение в учебные учреждения по 2...3 человека на специальности, являющихся профильными и востребованными для этих предприятий.

3. Комитету лесной промышленности создать Фонд за счет средств предприятий-лесопользователей региона, предназначенный для материальной поддержки профильных учебных заведений, для финансирования программ по профориентационной работе, внедрения современных средств активного обучения, проведения научно-практических студенческих конференций и выставок, приобретения современных измерительных приборов, оборудования и реализации других мероприятий, способствующих повышению уровня знаний, качества обучения и повышающих престиж специальностей лесного и горнодобывающего профиля. Регламент формирования фонда и его функционирования согласовать с юридическим отделом МПР.

4. Руководителям лесозаготовительных и деревообрабатывающих предприятий оказывать всемерную поддержку учебным заведениям в организации и проведении производственных и преддипломных практик, закрепляя за студентами-практикантами высококвалифицированных специалистов и оказывая помощь в решении их бытовых проблем (обеспечении жильем и питанием) и в получении необходимой технологической и экономической информации.

5. Комитету лесной промышленности совместно с руководителями лесозаготовительных и деревообрабатывающих предприятий ежегодно проводить информационные встречи со студентами 4...5 курсов ИПЭ по вопросам внедрения современных технологий и оборудования, возможном заключении договоров по прохождению практик и по дальнейшему трудоустройству, а также и по другим аспектам деятельности, способствующих закреплению выпускников ИПЭ на предприятиях отрасли.

Сложившаяся в регионе ситуация с подготовкой инженерных кадров для лесопромышленного комплекса свидетельствует о том, что в регионе отсутствует общая концепция, нацеленная на концентрацию имеющихся кадров, развитие уже имеющихся учебных заведений и их материальной базы с целью подготовки высококвалифицированных специалистов для лесной отрасли. Не совсем оправдано дублирование некоторых специальностей, например, при наличии мощного вуза по подготовке специалистов лесохозяйственного профиля в г. Уссурийске (ПГСХА), имеющего огромный

опыт, хорошую материальную базу и даже свой диссертационный совет по защите кандидатских и докторских специальностей, а также кафедры «Лесное и лесопарковое хозяйство» в ТОГУ, укомплектованной высококвалифицированными специалистами, не было никакой необходимости открывать такую специальность в Благовещенске, порождая опасность снижения уровня подготовки специалистов.

В завершение хотелось бы отметить, что имеющийся на Дальнем Востоке потенциал высших учебных заведений в целом способен готовить инженерные кадры для лесопромышленного комплекса, повышать квалификацию инженерно-технических работников отрасли своего региона. Только совместными усилиями Министерства природных ресурсов, Комитета лесной промышленности Хабаровского края, работодателей и вузов мы сможем решить проблему, являющейся актуальной для всех нас и обеспечить ЛПК региона кадрами на долгосрочную перспективу.

## Библиографический список

1. Белозёров И.Л., Дорошенко В.А., Кибякова С.И. Состояние и перспективы развития лесопромышленного комплекса Приморского края. Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века. Труды IV международного евразийского симпозиума / Под научной ред. В.Г. Новоселова. – Екатеринбург, - 2009. С. 11-16.
2. Современное состояние лесов российского Дальнего Востока и перспективы его использования / Коллектив авторов / Под редакцией А.П. Ковалева. – Хабаровск: Изд-во ДальНИИЛХ, 2009. – 470 с.
3. Манько Ю.И. Очерки по истории лесного дела на Дальнем Востоке России (досоветский период). – Владивосток: Дальнаука, 2008. – 152 с.
4. Будзан В.И. Высшему лесному образованию на Дальнем Востоке – 40 лет // Высшее образование на Дальнем Востоке: история, современность, будущее: материалы науч. конф. Владивосток: Изд-во ДВГУ, 1998. – С. 26-28.
5. Манько Ю.И., Будзан В.И., Белозёров И.Л. Лесное образование на российском Дальнем Востоке / Вестник ДВО РАН. 2005, №5. – С. 131-136.

**Глебов И.Т.** (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ),  
**Бурцева К.А.** (УРФУ им. Первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, РФ)

## ПРИМЕНЕНИЕ ПРИНЦИПА ПАРЕТО *PARETO PRINCIPLE IN EDUCATION*

*Using Pareto eighty twenty principle to measure students progress has shown a principle cause of low progress is poor work discipline.*

Вильфредо Парето (1848 - 1923) – известный итальянский экономист и социолог родился в Париже. С детства он свободно разговаривал на итальянском и французском языках, но при этом ощущал себя гораздо больше итальянцем, чем французом. Парето получил гуманитарное и техническое образование. Закончив политехнический универ-

ситет в Турине, он получил диплом инженера. В 1869 г. защитил диссертацию на тему “Основные принципы равновесия твердых тел”.

В 1897 г. Парето начал читать курс социологии в Лозаннском университете параллельно с преподаванием политэкономии.

Изучая экономическое развитие Англии в XIX веке, Парето обнаружил, что большая часть доходов и материальных ценностей принадлежит меньшинству людей в исследованных группах. Такое соотношение между величиной дохода и численностью группы людей он описал математически [1]:

$$\log N = \log A + m \log x$$

где  $N$  – количество людей, получающих доход выше, чем  $x$ ;  
 $A$  и  $m$  – константы.

Формула Парето показывает, что материальные ценности среди людей распределяются неравномерно. К такому же выводу пришел американский экономист М. Лоренц, показав зависимость в 1907 г. на диаграмме. Оба ученых утверждают, что в большинстве случаев наибольшая доля благ (доходов) принадлежит небольшому числу людей [2].

Более того, обнаруженная схема дисбаланса остается неизменной для статистических данных, относящихся к различным периодам времени и различным странам. Будь то данные по Англии за любой период ее истории или доступные Парето данные по другим странам за разные периоды времени. Схема снова и снова повторяется, причем с математической точностью.

Реально на исследования Вильфредо Парето обратили внимание только в 40-х годах прошлого века, когда Джозеф Джуран и Ричард Кох сформулировали его идеи в виде закона, который сейчас называют “Закон Парето” или “Принцип 80/20”.

Из Принципа 80/20 следует, что обычно 20% приложенных усилий дает примерно 80% результата, а 80% труда приносит лишь 20% отдачи. Это значит, что большая часть затрачиваемых усилий на достижение цели не приближает к ней. Человек может очень много работать, стремясь к поставленной цели, однако большая часть труда может оказаться малорезультативной. Быть трудоголиком – не грех, однако это не значит, что трудоголик быстро приближается к цели.

Множество примеров подтверждает справедливость Принципа 80/20: 20% ассортимента продукции дают обычно 80% от общего объема продаж в денежном выражении, 20% покупателей и клиентов обеспечивают 80% прибыли магазина, учреждения, только 20% студентов способны учиться на “хорошо” и “отлично”, 20% преступников совершают особотяжкие преступления и т.д.

Принцип 80/20 будет работать всегда и везде, если не прилагать сознательных, настойчивых и массированных усилий по его преодолению [3].

Принцип 80/20 имеет огромную важность по той причине, что он противоречит тому, что мы привыкли считать логичным. Мы вправе ожидать, что все факторы имеют приблизительно одинаковое значение. Что все клиенты одинаково для нас ценны. Что каждая сделка, каждый продукт и каждый вырученный от продажи рубль так же хороши, как и другие. Что все работники отдельно взятой категории приносят приблизительно одинаковую пользу. Что любые день, неделя или год одинаково важны для нас. Что все наши друзья одинаково ценны. Что ко всем бумагам или телефонным звонкам должно относиться с одинаковым вниманием. Что образование, полученное в одном



университете, имеет такую же ценность, что и образование, полученное в другом. Что все проблемы проистекают из множества причин, так что не стоит даже стараться искать среди них несколько ключевых. Что все возможности одинаково ценны, поэтому неважно, какую из них мы выберем.

Принцип 80/20 говорит о том, что если мы изучим и проанализируем два набора данных, относящихся к причинам и результатам, то скорее всего получим картину несбалансированности. Численно этот дисбаланс может составлять 65/35, 70/30, 75/25, 80/20, 95/5 или 99,9/0,1 или принимать любые другие значения.

Для выявления причин возникшей проблемы обычно строят диаграмму Парето. Зная главные причины, можно начинать решать проблему.

*Пример.* Руководители факультета МТД УГЛТУ обеспокоены низкой успеваемостью студентов 1-го курса, зачисленных на факультет в 2010 г. Требуется определить основные причины и с чего начать решение указанной проблемы.

Выделим основные параметры учебного процесса.

1. Доля среднего балла по ЕГЭ от максимального балла –  $D_1 = 133/300 = 0,44$ .
2. Доля преподавателей со степенями и званиями, от общего числа преподавателей, работающих с 1-м курсом –  $D_2 = 15/19 = 0,74$ .
3. Доля сданных зачетов в срок  $D_3 = 488/691 = 0,7$ .
4. Доля студентов аттестованных в середине семестра в срок  $D_4 = 0,66$ .
5. Посещаемость лекций  $D_5 = 0,78$ .
6. Прочие параметры  $D_6 = 0,14$ .

Приведенные данные занесем в таблицу 1 в порядке увеличения значимости параметра.

Таблица 1 – Результаты регистрации данных по параметрам учебного процесса для построения диаграммы Парето

Параметры учебного процесса	Величина параметра	Накопленная сумма параметра	Процент параметра от общей суммы	Накопленный процент
Посещаемость лекций	0,78	0,78	22,5	22,5
Доля преподавателей со степенями	0,74	1,52	21,4	43,9
Доля сданных зачетов	0,7	2,22	20,2	64,1
Аттестовано в середине семестра	0,66	2,88	19,0	83,1
Доля среднего балла по ЕГЭ	0,44	3,32	12,8	95,9
Прочие	0,14	3,46	4,1	100
Итого:	3,46		100	

По данным таблицы построим диаграмму Парето (рисунок 1). По оси ординат диаграммы откладывается процент доли параметра по каждому параметру от общей суммы. На диаграмму можно нанести кумулятивную кривую (рисунок 2), отражающую накопленный процент параметров.

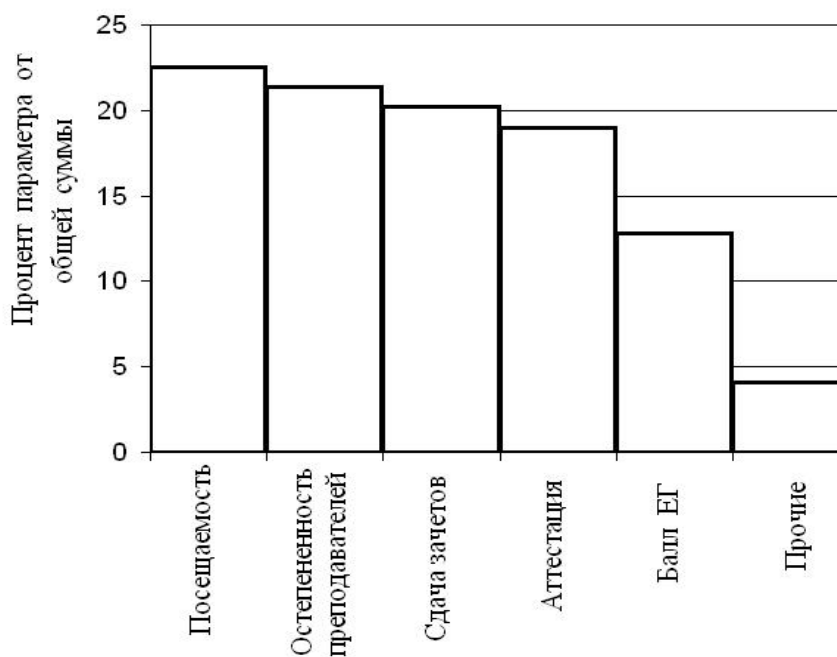


Рисунок 1 – Диаграмма Парето

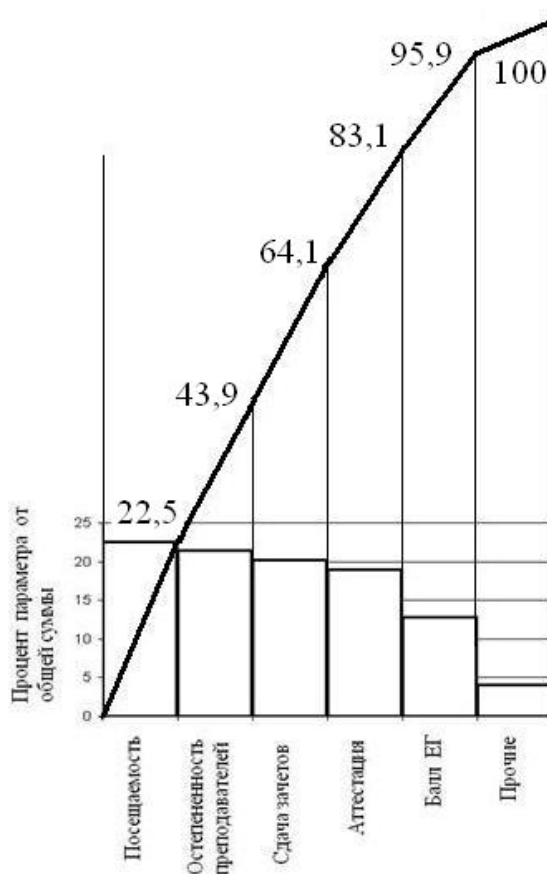


Рисунок 2 – Кумулятивная кривая на диаграмме Парето

Из рисунка 2 следует, что кумулятивная кривая растет почти пропорционально, все приведенные параметры учебного процесса оказывают на процесс почти одинаковое значение. Между тем, закон Парето указывает, что при правильной организации процесса должна наблюдаться резко выраженная несбалансированность параметров процесса. Должен быть один параметр, оказывающий существенное влияние на учебный процесс.

Представим себе, что факультет набрал бы абитуриентов со средним баллом по ЕГЭ 250; тогда величина параметра была бы не 0,44, а 0,83. Этот параметр резко бы выделялся среди указанных и оказал бы исключительное влияние на учебный процесс.

Для поиска существенных параметров желательно составить несколько диаграмм с различными параметрами. Это позволит взглянуть на суть проблемы по-новому, наблюдая явление с разных точек зрения.

Рассмотрим параметры (табл. 1): посещаемость лекций, аттестовано студентов в срок в середине семестра и доля сданных зачетов в срок. Эти параметры зависят от трудовой дисциплины на факультете. При хорошей трудовой дисциплине значения указанных параметров будут высокими. Составим новую таблицу (таблица 2), объединив в ней указанные параметры в один “Трудовая дисциплина”.

Новая диаграмма Парето показана на рисунке 3. На нее нанесена кумулятивная кривая, показывающая накопленные проценты по параметрам.

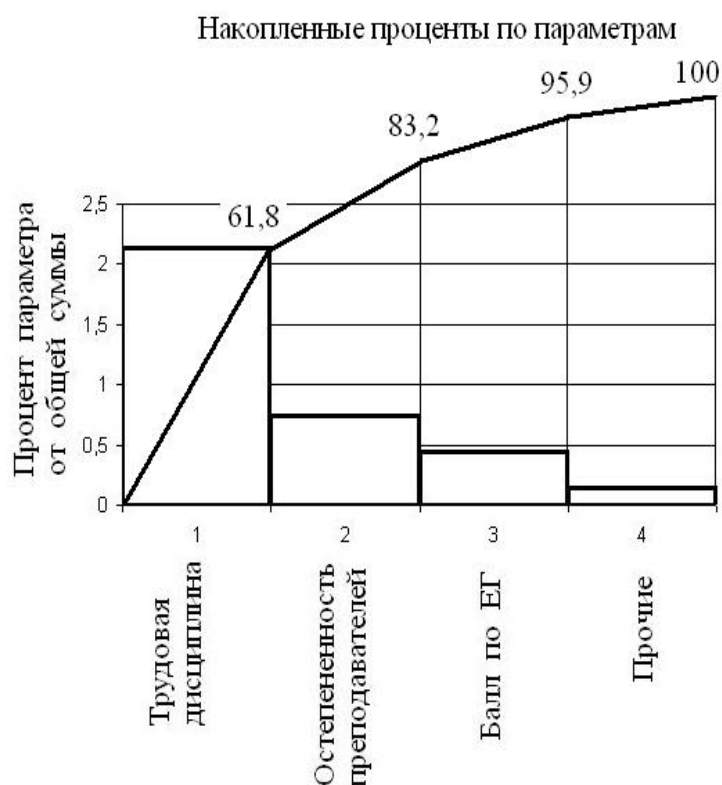


Рисунок 3 – Диаграмма Парето с наложенной на нее кумулятивной кривой

Таблица 2 – Результаты регистрации данных по параметрам учебного процесса для построения диаграммы Парето

Параметры учебного процесса	Величина параметра	Накопленная сумма параметра	Процент параметра от общей суммы	Накопленный процент
Трудовая дисциплина	2,14	2,14	61,8	61,8
Доля преподавателей со степенями	0,74	2,88	21,4	83,2
Доля среднего балла по ЕГЭ	0,44	3,32	12,8	95,9
Прочие	0,14	3,46	4,1	100
Итого:	3,46		100	

Диаграмма Парето показывает, что трудовая дисциплина оказывается ключевой при существующей организации учебного процесса. Повышение успеваемости на факультете следует начать с улучшения трудовой дисциплины преподавателей и студентов. Этот показатель следует увеличить до 80%. Тогда и при невысоком среднем балле ЕГЭ поступивших студентов можно добиться желаемой успеваемости.

#### Библиографический список

1. Савинков С. Закон Парето или Принцип 80/20. <http://www.f-abp.ru/kino.php> (дата обращения 16.04.2011).
2. Разу М.Л. Диаграмма Парето. [http://www.elitarium.ru/2009/05/29/diagramma\\_pareto.html](http://www.elitarium.ru/2009/05/29/diagramma_pareto.html) (дата обращения 16.04.2011).
3. Кох Закон Р. Парето или Принцип 80-20 [Текст] Ричард Кох (Richard Koch); [http://www.elitarium.ru/2004/07/08/page,2,zakon\\_pareto\\_ili\\_princip\\_8020.html](http://www.elitarium.ru/2004/07/08/page,2,zakon_pareto_ili_princip_8020.html) (дата обращения 16.04.2011).

**Стаин Д.А.** (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ) [stain.dm@gmail.com](mailto:stain.dm@gmail.com)

## **СОЗДАНИЕ САЙТА ПРИЕМНОЙ КОМИССИИ УГЛТУ** *DESIGNING THE USFEU ADMISSION WEB PAGE*

*The well-planned and organized web page advances USFEU admission activity. Designing USFEU web-page in the whole and future perspective are considered in the article.*

### **Введение.**

Информационные технологии прочно обосновались во всех сферах жизни современного общества. По данным исследования, проведенного компанией Begin Group в рамках проекта EXAMEN, 82% опрошенных при выборе высшего учебного заведения опираются в качестве основного источника информации на сеть интернет.

Таким образом, на сегодняшний день *успех приемной кампании ВУЗа немислим без продуманной и четкой политики представления информации в глобальной сети.*

Интернет-представительство Уральского государственного лесотехнического университета (далее — УГЛТУ) не полностью отвечает современным требованиям к подобного рода ресурсам.

На основе анализа сложившейся ситуации, было принято решение о разработке для приемной комиссии обособленного интернет ресурса с последующей его интеграцией в существующее интернет-представительство университета.

### **Постановка задачи.**

Была сформулирована основная задача проекта — разработать интернет-ресурс приемной комиссии УГЛТУ. Были сформулированы подзадачи: интернет-ресурс должен информировать абитуриентов о совокупности услуг, предоставляемых университетом, а также об условиях поступления и обучения в ВУЗе. Интернет-ресурс должен предоставлять другую сопутствующую информацию, применение которой допустимо в рамках информационного обеспечения приемной комиссии. Интернет-ресурс должен подчеркивать привлекательность обучения в УГЛТУ, в доступной форме излагая преимущества данного ВУЗа. Официальная информация, представленная на интернет-ресурсе должна проходить подтверждение на легитимность в приемной комиссии университета.

Основная аудитория проекта — молодежь, будущие абитуриенты.

### **Реализация**

#### **▪ Разработка структуры сайта.**

Был предложен и утвержден макет, обуславливающий основные структурные составляющие сайта:

«Главная». Раздел, содержащий главную страницу интернет-ресурса.

«Почему УГЛТУ?» Раздел, в легкой и доступной форме описывающий преимущества УГЛТУ для абитуриентов. Вниманию предлагаются видеоролики.

«Как подготовиться и поступить?» Раздел, содержащий четко структурированную по этапам информацию для поступающих.

«Контакты». Содержит контактную информацию об УГЛТУ.

«Направления подготовки». Раздел, содержащий официальную информацию по направлениям подготовки, предлагаемым университетом.

«Документы» Раздел, содержащий официальные документы, доступные для скачивания. Список документов: «План приема», «Магистратура», «Целевой прием», «Особенности проведения вступительных испытаний для граждан с ограниченными возможностями здоровья», «Аттестационные испытания», «Положение о проведении письменных вступительных испытаний», «Положение об апелляционной комиссии», «Порядок зачисления», «Правила приема иностранных граждан»

«On-line тест на профориентацию». Содержит психологический on-line тест на профориентацию, помогающий абитуриенту определиться в выборе будущей профессии.

«Студенческий городок». Раздел, посвященный описанию студенческого городка УГЛТУ.

«Правила приема». Предоставляется электронная версия официального документа.

«Вступительные испытания». Предоставляется электронная версия официального документа.

«ЕГЭ». Информация для сдающих Единый государственный экзамен.

«Электронная форма подачи заявления». Точка входа в систему электронной подачи заявления.

«Фотогалерея» Раздел, содержащий подобранные фотоматериалы.

## ▪ Сборка и настройка программной логики сайта.

В качестве CMS (Система управления содержимым) был использован продукт Joomla 1.5.22 Russian, распространяемый по лицензии GNU General Public License (бесплатно в том числе для коммерческого использования).

▪ **Разработка концепции дизайна.** Был создан проект дизайна системы, удовлетворяющий запросам целевой аудитории интернет-ресурса, а также соответствующий общему стилю УГЛТУ. Использовались различные программные продукты, в т.ч. GNU Image Manipulation Program, IrfanView и др.

▪ **Разработка функциональности.** Были созданы действующие шаблоны всех разделов сайта, настроены и интегрированы интерактивные сервисы: сторонние (Google maps, YouTube) и внутренние (Фотогалерея, on-line тест на профориентацию)

▪ **Наполнение контентом.** Было осуществлено наполнение контентом баз данных сайта. Были созданы и обработаны дополнительные графические материалы для наполнения разделов сайта. Осуществлено написание, стилистическая обработка и верстка материалов для публикации на сайте.

▪ **Публикация интернет-ресурса в сети.** На данном этапе был установлен отдельный сервер в аудитории приемной комиссии, к нему был проложен прямой кабель типа «витая пара» с центральных ресурсов университета. Было настроено оборудование и программное обеспечение, осуществлен перенос интернет-ресурса на сервер. Произведен запуск интернет-ресурса. На данный момент сайт доступен по адресу <http://abiturient.usfeu.ru/>, а также оформлена точка входа с главной страницы сайта университета (<http://usfeu.ru/>, ссылка «Абитуриенту»). Общий вид ресурса представлен на рис.1.



Рисунок 1 – Общий вид созданного интернет-сайта приемной комиссии

## **Заключение.**

В результате работы был создан качественный информационный продукт, отвечающий современным требованиям в области веб-девелопинга. Цели были достигнуты, задачи решены. Информация оперативно обновляется, что позволяет поддерживать контент сайта в актуальном состоянии. На данный момент проводится комплекс мер, направленных на дальнейшую модернизацию ресурса.

Основные задачи усовершенствования: ввод новых подразделов сайта, модификация и совершенствование существующего контента, интегрирование обратной связи в ресурс.

Сайт приемной комиссии становится надежным помощником для абитуриентов УГЛТУ, а также изящным и удобным инструментом распространения информации для сотрудников университета.

**Черемных Н.Н., Арефьева О.Ю. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)**

## **ПРАКТИЧЕСКАЯ НАПРАВЛЕННОСТЬ УЧЕБНЫХ ГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ** *PRACTICAL ORIENTATION OF TRAINING STUDENT DRAWINGS*

*Examples of practical orientation of training drawings made by fresh and sophomore students in USFEU are presented.*

Любой искусственный объект, в том числе изделия машиностроения, деревообработки, встроенная и обычная мебель, нижний лесной склад, склады пиломатериалов или сырья, технологические цеховые и заводские планировки, схемы разработки лесосек, транспортно-логистические схемы и т.д. зарождаются в сознании человека и до материализации его в производстве он претерпевает длинную цепь развития от идеи до рабочих чертежей и рабочих планировок.

Различные методы, при помощи которых можно изобразить реальность через чертеж, основаны на геометрических законах. Они являются результатом изучения реальности пространства, которое займет объект, а так же окружающей реальности. И даже это краткое введение должно настраивать студента на одну из ведущих ролей в учебной и инженерной деятельности – роль пространственных представлений.

Вряд ли нужно доказывать, что конечной целью педагогического коллектива нашего ВУЗа является формирование личности, соответствующей требованиям современного развивающего общества, обладающей самостоятельностью мышления и творческим потенциалом. Попутно заметим, что, как правило, инженерное образование человек получает один раз в жизни. Он может за 5 месяцев получить дополнительно высшее экономическое образование, за 2 года (обучаясь на 4-5 курсе УГЛТУ) окончить параллельно институт фондового рынка; за 1,5 года получить высшее юридическое образование, но инженерное образование после школы приобретает за 5 лет.

Творческое мышление возникает только в ситуации поиска и открытия нового при решении конкретных, пусть и элементарных, задач. В решении мыслительных задач, в первую очередь, усматривается роль наглядных образов, схем, чертежей. Даже

историк, философ, психолог используют наглядное изображение в виде линейных диаграмм (графиков), плоскостных (столбиковых, полосовых, секторных) и объемных.

Особенностью технических специальностей, широко представленных в нашем ВУЗе, является необходимость работы с большим объемом графического материала в виде сложных машиностроительных чертежей (к примеру, кинематическая схема лущильного станка ЛУ 17-10 содержит 58 позиций, этикетировочной машины СпЭ-3 – 62 позиции, набивочная машина СпН-3 – 132 позиции) по современному оборудованию; это и картины рабочих процессов и процессов станочной обработки резанием, и подготовки и эксплуатации дереворежущего инструмента, и сами конструкции станков общего назначения, многооперационных обрабатывающих центров с ЧПУ, оборудования для склейки, отделки и т.д. и т.п.

Важнейшей задачей инженера, а значит и студента старших курсов, является и необходимость оценки многовариантности предлагаемых проектных и конструкторских решений, а так же широкого использования расчетных численных и оптимизационных методов. В качестве ближайших примеров можно взять хотя бы многочисленные результаты профессоров, д.т.н. Уласовца В.Г., Агапова А.И., доцента Солдатова А.В. по оптимизации раскроя пиловочного сырья различных габаритов, форм и поперечных сечений; профессора Глебова И.Т. со студентом Смирновым Е.А. по определению графическим способом объема древесины в оцилиндрованном бревне при формировании чаши в половину диаметра укладываемого бревна (при «перевязке»).

Пространственные представления в своих наиболее развитых формах проявляются в процессе решения графических задач, где происходит создание исходных объектов и оперирование ими на основе использования разнотипной наглядной основы. Здесь психологическим представлением механизма пространственного мышления является деятельность представления, обеспечивающая перекодирование образов, использование разных систем отсчета, оперирование в процессе решения задачи различными свойствами и признаками: формой, величиной, пространственными пропорциями. Студент после начертательной геометрии с учетом последующих знаний и навыков из теории механизмов и машин, деталей машин, профильных дисциплин, при решении конкретных задач технически творческих заданий, должен выделить геометрическую часть и, привлекая пространственные представления объекта задачи в геометрической их интерпретации, дать логически обоснованные решения. Здесь есть некоторая аналогия с выявлением теоретических кинематических схем из ТММ в реальных механизмах: механизм открывания двери в автобусе – кривошипно-ползунный механизм, когда двери открываются, параллельно нашего движения при входе выходе и шарнирный четырехзвенник, когда дверь уходит из проемов в сторону.

Заметим, что тот, кто проработал в ВУЗе, в частности в УГЛТУ, хотя бы 20 лет, видит, как изменились профессиональные и ценностные качества молодого поколения наших студентов. Во первых – это практически на 90% - вчерашние школьники. Если посмотреть трехгодичников (ускоренное обучение после получения среднего специального образования), то они в подавляющем своем большинстве, кроме заочников, ни дня не работали после техникума (колледжа). Продолжает расти показатель массовости образования. Этот показатель – число студентов ВУЗов на 10 тысяч населения – за последние годы изменился с 420 до 511 и наконец, по данным на 19.01.2011 г равен 620 человекам (ректор университета – высшей школы экономики Я.И. Кузьминов). В про-



центном отношении это составляет 75% от выпускников школ и СПО. При социализме показатель равнялся 170 человек на 10 тысяч населения.

Наши наблюдения последних лет показывают: у студентов 1-2 курсов почти вдвое (по сравнению с экспертными оценками) завышены критерии самооценки сформированности коммуникативных умений. Завышение самооценки является одной из причин потери самоконтроля, поиска причин неудач не в собственных недостатках, а в окружающих людях, в том числе преподавателях. Удручает нас (на всех без исключения специальностях) и показатель учебной дисциплины уже на первом семестре обучения. До 70% занятий пропускается в отдельных группах по различным, в том числе и уважительным причинам – болезни, взаимодействие с военкоматом, неблагополучные семьи, подготовка к смотру художественной самодеятельности, коллективные поездки в учебное время по профсоюзным бесплатным путевкам, неумение спланировать свою деятельность при активном занятием спортом, работа с целью материального вознаграждения и т.д.

Кто учится у нас на 1-2-3 семестрах? Напомним, что к нам приходят люди, которые не прошли или не пошли (реально оценив себя) в многочисленные университеты и филиалы экономического, юридического, психологического профиля. Исходя из этого – ослаблена поддержка инженерного образования (в год по данным В. Садовниченко, в АиФ №19, 2011 г., готовится 800 тысяч юристов). 10 лет назад и в нашем ВУЗе стали говорить, что образование – услуга (в первую очередь для студента-контрактника). Вышеупомянутый ректор МГУ В. Садовнический категорически отмечает термин «образовательные услуги», напоминая, что образование – это стратегическая линия государства и во всех странах мира оно является приоритетом для государства.

В образовательном сообществе России давно уже зреет возмущение. Ведь даже наш министр А.А. Фурсенко признает, что серьезно учится в ВУЗах сегодня 15-20 процентов студентов; остальные тусуются. Налицо имитация учебы, имитация работы.

Вселяет уверенность последняя позиция Президента РФ Д.А.Медведева («Поиск» №15, 15.04.2011 г.), что к 1 июня 2011 г. должны быть внесены изменения в нормативные правовые акты, регулирующие порядок подготовки специалистов инженерно-технического профиля. Им возвращается прежнее наименование квалификации – «инженер». К 1 ноября Минобрнауки должно представить предложения по совершенствованию процедур лицензирования образовательной деятельности и госаккредитации ВУЗов, готовящих инженерно-технические кадры, а также по совершенствованию планирования объема подготовки инженеров. При разработке образовательных стандартов среднего (полного) общего образования в перечень требований к результатам освоения обучающихся основной образовательной программы должны быть включены условия их ранней профессиональной ориентации.

А что делала в последние 7 лет наша кафедра начертательной геометрии и машиностроительного черчения по проблеме заинтересованности студентов в изучении геометро-графических технологий? Упор делала на раннюю профессиональную направленность дисциплин. Практически все задачи по начертательной геометрии подтверждались их аналогами из лесопромышленного комплекса (подробные примеры приведены в статьях кафедры в монотематических сборниках ведущих технических университетов Саратова, Челябинска, Вологды, Казани, Перми, Москвы, Пензы, Астрахани. Учет междисциплинарных связей позволил получить грифы на издания ряда

учебных пособий кафедры. Одно из них (Черемных Н.Н., Арефьева О.Ю. Альбом чертежей для детализирования оборудования лесопромышленного комплекса. Учебное пособие по инженерной графике // Екатеринбург: УГЛТУ, 2010. – 135 с.), получившее гриф уполномоченного Минобром государственного учреждения ВПО, создано с учетом современных тенденций ранней профилизации, междисциплинарных связей и компетентностных требований в подготовке бакалавров и специалистов лесотехнического профиля. Оно содержит чертежи общих видов машин и оборудования лесопромышленного комплекса по разработкам ВНИИДМАШа, Вологодского ГКБД, Тюменского станкозавода, УралНИИПДрева и других организаций для детализирования на 2-3 семестрах обучения.

С учетом требований, предъявляемых к оформлению чертежей общего вида, в том числе требований по курсовому проектированию деталей машин, на всех чертежах нами проставлены габаритные, присоединительные, монтажные, сопряженные размеры и размеры, характеризующие основные показатели изделия.

Так как пособие предназначено для студентов, обучающихся на 2-3 семестрах, то мы не приводим сведения и не иллюстрируем обозначение и простановку допусков формы и допусков расположения поверхностей (круглости, цилиндричности, соосности, биения, симметричности) и простановку базовых осей симметрии. Альбом состоит из четырех разделов, где кроме общих видов приведены примеры оформления рабочих чертежей литых, точеных, штампованных деталей; нормативные материалы по оформлению чертежей, конструктивным и технологическим элементам деталей, стандартным крепежным изделиям и соединениям, конструкционными материалами. В четвертом разделе приведены варианты индивидуальных заданий для детализирования.

## СОДЕРЖАНИЕ THE MAINTENANCE

К участникам симпозиума .....	3
<b>Проблемы менеджмента и конкурентоспособности предприятий лесного комплекса</b>	
<b>Азаренок В.А., Добрачев А.А., Мехренцев А.В.</b> Уральский лесной технопарк – пора развития The Ural forest technopark. It is time to develop .....	4
<b>Бирюков П.А., Кузьмина М.В.</b> Учет потребительских предпочтений при формировании производственной программы малого лесного предприятия Consumer preferences and the developing production program for a small-sized forest-based enterprise .....	8
<b>Бирюков П.А., Сысоева С.А.</b> Технологичность производства как условие организации малого лесного предпринимательства Technological performance as a requirement for developing small-sized forest-based businesses .....	10
<b>Бирюков П.А., Чудинов А.Е.</b> Сущность и подходы к решению проблемы комплексного использования сырья в рыночных условиях Raw materials saving approaches and market economy .....	13
<b>Добрачев А.А.</b> Перспективы теплоэнергетики муниципальных образований Developing local community energy system .....	17
<b>Кузьмина М.В., Прядилина Н.К.</b> Трансформация типа предприятия как инструмент оптимизации результатов хозяйствования Type of an enterprise as a tool for advancing performance .....	21
<b>Ледницкий А.В., Федоренчик А.С.</b> Сравнительная экономическая эффективность способов подготовки топливной древесины для мини теплоэлектростанций в зависимости от их мощности и условий заготовки сырья Comparative cost-effectiveness analysis for technologies of processing wood fuel for small power stations .....	24
<b>Полухин А.В.</b> Влияние биоэнергетических технологий на интенсификацию ведения лесного хозяйства Bio-energy technologies for advancing forestry .....	29
<b>Мари Пантсар-Каллио</b> Инновационно-технологический центр города Лахти. Лидирующий в северной Европе центр экологически чистых технологий CLEANTECH Lahti science and business park LTD. The leading CLEANTECH technology centre in northern Europe .....	32
<b>Высочил В.К., Куда Ф.</b> Влияние экономики знаний на региональные различия Influences of the knowledge economy at the regional disparity .....	35
<b>Куда Ф., Каха Я., Кудова В.</b> Фасилити менеджмент технической инфраструктуры предприятия Facility management for technical infrastructure of an enterprise .....	54
<b>Мацек Д.</b> Формирование плана восстановления и обслуживания здания Planning building renovation and maintenance .....	63
<b>Tomas Polak</b> Facility management outsourcing in Czech Republic and abroad .....	68

<b>Lenka Švecová, Hana Scholleová, Jiří Fotr</b> Approaches to risk and uncertainty integration while evaluating investment projects .....	69
--	----

## Новые технологические решения в заготовке, переработке и отделке древесины

<b>Аникеенко А.Ф.</b> Рекомендации по методике проведения исследований в области механической обработки ламинированных древесностружечных плит Techniques to investigate processing laminated chipboards .....	81
<b>Балакин В.М., Рукавишников А.В., Савина И.П., Давлетшин Р.И., Полищук Е. Ю.</b> Изучение влияния азот-фосфорсодержащих антипиренов на горючесть и физико-механические свойства фанерных плит Studying influence nitrogen-phosphorus containing flame retardants on combustibility and physicochemical properties of plywood boards .....	84
<b>Барташевич А.А., Игнатович Л.В., Шетько С.В., Гайдук С.С.</b> Модификация поливинилацетатных клеев modification of polyvinyl acetate adhesives .....	92
<b>Басова Е.В., Часовских В.П.</b> Анализ способов очистки внутренних стен циклона от отложений частиц древесной пыли Analysis of different techniques to remove wood dust from inner surface of the cyclone .....	96
<b>Басова Е.В., Часовских В.П.</b> Разработка алгоритма управления процессом вибрационной очистки внутренних стен циклона Designing algorithm to manage a dust clean-out system of the vibrating type for a cyclone .....	102
<b>Болдырев В.С., Цуриков И.А.</b> Исследование способа изготовления клееных пиломатериалов из фрагментов бревен непрямоугольного сечения Manufacturing glued timber products using logs of non-rectangular cross section ....	108
<b>Ветошкин Ю.И., Корелин Д.В., Казакова А.В., Михайлов В.Е.</b> Применение шлифовальных кругов на ППУ основе Using polyurethane grinding wheels .....	113
<b>Ветошкин Ю.И., Чернышев О.Н., Чернышев Д.О.</b> Инновационные композиционные материалы Innovative composite materials .....	116
<b>Газеев М.В., Мосяев Н.В.</b> К вопросу аэроионизации в технологии деревообработки Some aspects air ionization applied to wood technology .....	119
<b>Гаспарян Г.Д., Адам И.А.</b> Энергосберегающий способ окорки лесоматериалов Energy saving timber debarking methods .....	122
<b>Жуковская Е.А., Янушкевич А.А.</b> Ресурсосберегающая технология раскря бревен лиственных пород Resource saving cutting hardwood technology .....	124
<b>Завьялов А.Ю., Совина С.В.</b> Определение стойкости клеевых соединений к расслаиванию Definition of resistance of glued joints to stratifying .....	130
<b>Коцюба И.В., Ветошкин Ю.И., Воронцова Т.Е.</b> Экспериментальные исследования физико-механических свойств термообработанной древесины (ТМД) Experimental study of physicomechanical properties of thermal processed wood .....	132

<b>Кручинин И.Н.</b> Оценка экологической безопасности функционирования первичного лесотранспорта Environmental safety assessment of forest machinery .....	137
<b>Кузнецов А.И., Шимон Е.В., Новоселова М.В.</b> Исследование режимов лазерного резания массивной древесины Studying modes of laser cutting solid wood .....	140
<b>Левинский Ю.Б., Савельев В.В.</b> Предварительное гнутьё древесины как фактор повышения надёжности криволинейных несущих конструкций Pre-bending wood as a factor for advancing reliability of curved bearing beams .....	144
<b>Плешкова Н.В., Юрьев Ю.Л.</b> Получение нанопористых анионообменников на основе термохимической переработки древесины Manufacturing nanoporous anion exchangers on the basis of thermochemical treatment of wood .....	151
<b>Прасова А.Ф., Уласовец В.Г.</b> К вопросу о проектировании изделий мебели для людей, физиологические возможности которых ограничены Designing furniture for handicapped people .....	153
<b>Прокопьева Д.П., Руденко Б.Д.</b> Систематизация факторов влияющих на формирование адгезионной прочности в системе «цемент – древесина» Systematization of the factors influencing on the adhesive durability in cement-wood composites .....	155
<b>Рогожникова И.Т., Новосёлов В.Г., Абдулов А.Р.</b> Исследование зависимости шероховатости обработанной поверхности от затупления лезвия инструмента при продольном цилиндрическом фрезеровании древесины Surface quality and blade dulling in ripping of the processed surface from tool radius at longitudinal cylindrical milling of wood .....	160
<b>Романова С.С., Мелешко А.В.</b> Изменение параметров поверхности древесины сосны при взаимодействии с водными лакокрасочными материалами Changing pine wood surface quality while interacting with water-based paints .....	162
<b>Сергеев В.В.</b> Влияние смолистых веществ на лакокрасочные покрытия древесины Influence of gummy substances in wood on its finishing .....	168
<b>Синегубова Е.С., Григоров И.Г.</b> Сканирующая электронная микроскопия для биологических объектов Scanning electron microscopy for biological objects .....	172
<b>Совина С.В.</b> Модификация нитроцеллюлозных лаковых систем Advanced nitrocellulose varnish systems .....	176
<b>Тропина К.Ю., Дроздова Н.А., Панова Т.М., Юрьев Ю.Л.</b> Применение нанопористых материалов в промышленной технологии Using nanoporous materials in food-processing industry .....	178
<b>Угрюмов С.А.</b> Теоретические основы повышения адгезионного контакта в структуре плитных материалов на основе древесных наполнителей и костры льна Theoretical bases for advanced adhesive contact ability in structure of flaxboards ....	184
<b>Уласовец В.Г.</b> Составление оптимальных и рациональных поставов при распиловке бревен параллельно образующей Designing effective sawing pattern while cutting logs in parallel with generator .....	190
<b>Уласовец В.Г.</b> Распиловка бревен параллельно образующей с выработкой спецификационных пиломатериалов равных толщин Cutting logs in parallel with generator to manufacture specified sawn wood products with equal thicknesses .....	197

<b>Шадрина Е.В., Гороховский А.Г., Дружинин А.В.</b> Изучение формоизменчивости клееной карандашной дощечки из древесины березы The studing of curvature of the layered pencil plate .....	201
<b>Шадрина Е.В., Гороховский А.Г., Дружинин А.В.</b> О смачивании поверхности термообработанного шпона при склеивании карандашной дощечки About wetting surface of thermal processed veneer while gluing pencil board .....	203
<b>Шишкина С.Б., Ветошкин Ю.И.</b> Лакокрасочное покрытие с защитными свойствами от ионизирующего излучения Paint and varnish covering with protective properties from an ionizing radiation .....	206
<b>Кари Пуустинен</b> Технология лесопиления без подготовки пиловочника Sawing technology without preparing sawtimber .....	208
<b>Яннэ Кованен</b> Рентгеносканирование в оптимизации пиловочника Utilization of the x-ray scanning technology at the log sorting optimization .....	210

### Деревообработка в малоэтажном и индустриальном домостроении

<b>Бурцев А.Г.</b> Концепция малоэтажных жилых домов для самодельного строительства Low-rise residential building conception for diy-home-construction .....	213
<b>Курьянова Т.К., Платонов А.Д., Перегудов В.И., Мильцин А.Н.</b> Исследование возможности использования СВЧ установок малой мощности для сушки оцилиндрованных бревен Using low power SHF equipment for drying round logs .....	220
<b>Левинская Г.Н., Левинский Ю.Б.</b> Рациональное и комплексное использование древесины в современном домостроении Sustainable using wood in modern house building .....	224
<b>Левинский Ю.Б., Царева Т.С.</b> Строительная фанера с элементами модификации шпона и армирования пакетов Constructing plywood advanced with special treated veneer and glass fibre .....	229
<b>Плохих В.И., Байшев Ю.П.</b> Эффективные конструкции на основе древесины для малоэтажной застройки High-performance wood-based constructive elements for lo-rise residential building .....	233

### Прогрессивное деревообрабатывающее оборудование и инструмент

<b>Абдулов А.Р., Новоселов В.Г.</b> Исследование износостойкости стальных ножей упрочненных путем имплантации ионов азота Research of durability of cutting edges made of steel reinforced with nitrogen ion emission .....	240
<b>Алифанов А.В., Алехнович В.Н., Бурносков Н.В., Толкачева О.А.</b> Упрочнение лезвийного деревообрабатывающего инструмента нанесением многослойных покрытий Hardening cutting blade woodworking tools by covering multilayered coatings .....	243
<b>Алифанов А.В., Бурносков Н.В., Толкачева О.А.</b> Изготовление режущих пластин из оксидной керамики, включающей полные и неполные оксиды Manufacturing cutting blades using oxide and suboxide ceramics .....	248

<b>Алифанов А.В., Бурносов Н.В., Чудакова И.Л.</b> Технология упрочнения режущего инструмента импульсным магнитным полем Pulse magnetic hardening cutting tools technology .....	255
<b>Германович А.О., Мохов С. П.</b> Влияние вынужденных колебаний на работу рубильной машины Effect of forced oscillations on chipping machinery operation .....	260
<b>Глебов И.Т.</b> Расчет мощности центробежного стружечного станка Calculation of capacity for centrifugal shaving equipment .....	266
<b>Глебов И.Т.</b> Роль пазух ленточной пилы при пилении Function of band saw gullets in sawing .....	269
<b>Голякевич С.А., Гороновский А.Р.</b> Оценка нагруженности опор манипулятора харвестера при выполнении технологических операций Load assessment for harvester manipulator bearing part while operating .....	272
<b>Гриневич С.А., Гаранин В.Н.</b> Исследование затрат мощности на холостой ход в приводе механизма резания станка UNIMAT 23 EL Power input for noncutting in UNIMAT 23 EL .....	279
<b>Красиков А.С.</b> Размерная настройка четырёхсторонних продольно-фрезерных станков Setting four-sided planing machine .....	283
<b>Лукаш В.Т., Гриневич С.А.</b> Сравнительный анализ влияния профиля зубьев твердосплавных дисковых пил на технологическую стойкость и мощность при раскрое ламинированных древесностружечных плит Comparative analysis of influence of tooth configuration of the carbide-tipped circular saw on durability and power of cutting laminated chipboards .....	286
<b>Полякова Т.В., Абдулов А.Р., Новоселов В.Г.</b> Влияние затупления инструмента на конечный размер детали при продольном цилиндрическом фрезеровании древесины Cutting tool dulling and shape quality of a workpiece in ripping .....	294
<b>Раповец В.В., Бурносов Н.В., Бавбель И.И.</b> Повышение качества обработки на фрезерно-брусующих станках при вертикальном центрировании бревен Advanced chipper-canter processing with vertical centering logs .....	297
<b>Ревяко Д.А., Гришкевич А.А., Бавбель И.И.</b> Теоретические исследования влияния угла наклона кромки лезвия на касательную составляющую силы резания и качество обработки Theoretical researches of influence of the angle of slope of the crimp of the edge on the tangent component of force of cutting and quality of processing .....	302
<b>Рудак П.В., Гришкевич А.А.</b> Результаты исследований влияния конструкции хвостовых фрез на составляющие силы резания и уровень звукового давления (шума) Influence of hank cutters design on cutting force noise factor .....	308
<b>Сулинов В.И., Ветошкин Ю.И., Щепочкин С.В., Казакова А.В.</b> Станок для шлифования прямых профильных деталей Equipment for grinding straight profile details .....	314
<b>Сулинов В.И., Щепочкин С.В.</b> Роликовый автоподатчик к фуговальному станку Roller automatic feeder of the jointing machine .....	317
<b>Шабалин Л.А., Шарков А.С., Дорохов С.П., Старцев С.А.</b> Модернизация мини-трактора ГНОМ Minitractor GNOM modernization .....	320
<b>Шабалин Л.А., Шарков А.С.</b> Мотор-колесо The motor-wheel .....	321

<b>Шабалин Л.А., Шарков А.С.</b> О нагруженности элементов трансмиссии минитрактора About loaded drive line elements of the minitractor .....	323
<b>Щепочкин С.В., Пашков В.К.</b> Экспериментальные исследования коэффициентов теплоотдачи режущей части круглых пил Experimental study of heat-transfer coefficients for circular saw blades .....	324

### **Проблемы безопасности и экологии в переработке древесины**

<b>Гагарин Д.Р., Старжинский В.Н.</b> Исследования акустической эффективности встроенных звукоизолирующих кожухов продольно-фрезерных деревообрабатывающих станков Research acoustic performance of fitted sound isolation enclosures of planning machines .....	332
<b>Гагарин Д.Р., Старжинский В.Н.</b> К вопросу снижения шума круглых пил About reducing noise from circular saws .....	335
<b>Гагарин Д.Р., Старжинский В.Н.</b> Инфразвуковое излучение при работе деревообрабатывающего оборудования Infrasonic emission while operating woodworking machines .....	338
<b>Завьялов А.Ю., Старжинский В.Н.</b> Вакуумные вентиляторы для аспирационных установок на деревообрабатывающих предприятиях Vacuum aspirators for aspiration systems in woodworking enterprises .....	345
<b>Рыжков А.Ф., Силин В.Е., Мехренцев А.В., Мехренцева А.А.</b> Лесной комплекс на пути к «зеленой энергетике» The role of forest-based industries in green energy .....	348
<b>Угрюмов Б.И., Угрюмова С.Н., Даниленко О.К.</b> К вопросу о влиянии лесосплава на качество воды водных объектов Impact of timber-rafting on water quality .....	354
<b>Чумарный Г.В.</b> Проблемы обеспечения безопасных условий труда на деревообрабатывающем предприятии Safety issues for the wood-processing enterprise .....	359
<b>Алексеева Л.В., Шатохин А.А.</b> К вопросу пожарной безопасности предприятий малого лесопиления Fire-safety in small-sized saw milling enterprises .....	361

### **Проблемы профессионального образования и инжиниринга в деревообработке**

<b>Белозёров И.Л., Рябухин П.Б., Исаев С.П., Манько Ю.И.</b> Подготовка инженерных кадров для лесного комплекса Дальнего Востока Training engineers for Far East forest-based industries .....	365
<b>Глебов И.Т., Бурцева К.А.</b> Применение принципа Парето Pareto principle in education .....	371
<b>Стаин Д.А.</b> Создание сайта приемной комиссии УГЛТУ Designing the USFEU admission web page .....	376
<b>Черемных Н.Н., Арефьева О.Ю.</b> Практическая направленность учебных графических работ Practical orientation of training student drawings .....	379



**ДЕРЕВООБРАБОТКА:**  
**ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ, МЕНЕДЖМЕНТ XXI ВЕКА**  
**ТРУДЫ**  
**VI МЕЖДУНАРОДНОГО**  
**ЕВРАЗИЙСКОГО СИМПОЗИУМА**

Под научной ред. М.В. Газеева



---

Подписано в печать

Формат 60×84 1/8

Бумага тип №

Печать офсетная

Усл. печ. л. 22,6

Тираж 120 экз.

Заказ №.

---

ФГБОУ ВПО «Уральский государственный лесотехнический университет»  
620100, Екатеринбург, Сибирский тракт, 37

Размножено с готового оригинал-макета